



**Karane Javahirlal Kahane**

Licenciatura em Ciências de Engenharia Química e Bioquímica

## **Estudo e Otimização dos Processos de Limpeza em Peças de Reator**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia Química e Bioquímica

Orientador: João Avelar, Engenheiro de Reparação e Processos, TAP M&E

Coorientador: Mário Eusébio, Professor Auxiliar, FCT/UNL

Júri:

Presidente: Professora Doutora Maria Madalena Andrade, FCT/UNL

Arguente: Professor Doutor José Paulo Mota, FCT/UNL

Vogal: Engenheiro João Avelar, TAP M&E



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Março 2018**



# **Estudo e Otimização dos Processos de Limpeza em Peças de Reator**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para  
obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Química e Bioquímica

Orientador: João Avelar, Engenheiro de Reparação e Processos, TAP M&E

Coorientador: Mário Eusébio, Professor Auxiliar, FCT/UNL

**Março 2018**



### **Estudo e Otimização dos Processos de Limpeza em Peças de Reator**

Copyright © Karane Javahirlal Kahane e Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



*Dedicado à minha Mãe*  
*O teu kalluzinho conseguiu*





# AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação de mestrado não seria possível sem a colaboração, carinho e amor de uma mão cheia de pessoas, a quem estou eternamente grato.

Gostaria de agradecer à TAP pela oportunidade de estágio. Foi uma honra e privilégio estagiar numa empresa deste renome.

Ao meu orientador, Engenheiro João Avelar, não só pelo desafio proposto, mas principalmente por toda a ajuda, dedicação e disponibilidade para o sucesso deste trabalho. Pelo conhecimento transmitido e sempre boa disposição.

Ao meu co-orientador, Professor Mário Eusébio, pela sua orientação, total apoio, disponibilidade, pelo saber que transmitiu, pelas opiniões e críticas, total colaboração no solucionar de dúvidas e problemas que foram surgindo ao longo da realização deste trabalho e por todas as palavras de incentivo. Não só no decorrer desta dissertação, como ao longo do percurso académico.

À equipa de técnicos da secção de limpeza da TAP, especialmente ao técnico Fernando Peneda, que me receberam e integraram como se fosse um deles. Agradecer pela paciência e conhecimentos transmitidos.

A toda a equipa de técnicos e engenheiros do edifício 23 da TAP, que me receberam todos os dias com hospitalidade e boa disposição.

Gostaria de agradecer a todos os meus amigos, dentro e fora da faculdade, que estiveram comigo em todos os bons e maus momentos e por tornarem todos estes anos mais fáceis com a sua boa disposição.

Gostaria de agradecer à minha Família, em especial aos meus pais, irmãos, cunhados e sobrinho. Por tudo que me ensinaram, por estarem sempre comigo e me apoiarem em todas as decisões. Nunca conseguirei retribuir todo o amor que me deram e continuam a dar. E peço desculpa por ter demorado tanto tempo.

E finalmente quero dedicar a conclusão do meu percurso escolar à minha Mãe, Taraben Virá. Finalmente consegui concretizar o teu sonho.

Agradeço a todos do fundo do meu coração.



# RESUMO

A presente dissertação foi realizada na TAP M&E, tendo a duração de seis meses.

Os processos de limpeza em aviação revestem-se de enorme importância e criticidade sendo fundamental o conhecimento dos seus mecanismos, interações e resultados.

Uma incorreta execução de um processo de limpeza pode originar todo um conjunto de anomalias que em última instância podem resultar na perda de vidas humanas.

A presente dissertação visa apontar melhorias, tendo em conta todos os problemas observados no processo de limpeza química. Mais concretamente, os desvios da concentração das soluções de limpeza, para valores fora dos limites especificados. Estes desvios, obrigam à paragem dos serviços de limpeza. Estes só voltam a ficar operacionais, quando os níveis de concentração voltam aos limites.

Pela análise feita, conclui-se que deverá ser adicionada, a meio do mês, uma quantidade de produto, para minimizar os seus tempos de paragem. A periodicidade das análises realizadas também deve aumentar, para manter os níveis sob os limites.

Foi proposto a mudança de um dos produtos, por outro economicamente mais viável. E a mudança de equipamentos de imersão.

Para melhor manuseamento das peças, foi sugerida a realização de ação de formação para os técnicos.

**Palavras-chave:** aviação, limpeza química, processos de limpeza, soluções de limpeza



# ABSTRACT

This work was carried out in TAP M&E, which took place over 6 months.

The cleaning process in aviation are of great importance and the knowledge of its mechanisms, interactions and results are fundamental.

An incorrect execution of a cleaning process can lead to a whole set of anomalies that can result ultimately in loss of human life.

The present dissertation aims to point out improvements, considering all the problems observed in the process of chemical cleaning. More specifically, the deviations of the concentration of the cleaning solutions, for values outside the specified range. These deviations oblige the stopping of cleaning services. They only get back to operation when concentration levels are back to their range.

Based on the analysis, it is concluded that a quantity of product should be added at the middle of the month, to minimize their downtime. The periodicity of the analyzes carried out must also increase, to keep levels under the range. It was proposed to change one of the products, by another one, economically more feasible. Another proposal was the change of immersion equipment. For better handling of the pieces, it was suggested to perform a training action for the workers.

**Key-words: aviation, chemical cleaning, cleaning process, cleaning solution**



# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>ENQUADRAMENTO E MOTIVAÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1	MOTIVAÇÃO DO PROJETO .....	3
1.2	OBJETIVOS E ABORDAGEM .....	3
1.3	TAP MANUTENÇÃO E ENGENHARIA .....	3
1.4	QUANDO É REALIZADA A MANUTENÇÃO DO MOTOR? .....	4
1.5	SECÇÃO DE LIMPEZA.....	5
<b>2</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
2.1	MATERIAIS UTILIZADOS NOS MOTORES AERONÁUTICOS.....	7
2.1.1	<i>Escolha dos materiais em função da temperatura .....</i>	<i>8</i>
2.2	PROCESSOS DE LIMPEZA.....	8
2.2.1	<i>Limpeza Física.....</i>	<i>10</i>
2.2.2	<i>Limpeza Físico-Química.....</i>	<i>11</i>
2.2.3	<i>Limpeza Química.....</i>	<i>12</i>
2.2.4	<i>Enxaguamento .....</i>	<i>21</i>
2.2.5	<i>Verificação de Qualidade .....</i>	<i>22</i>
<b>3</b>	<b>PROCESSOS E PRODUTOS EM USO.....</b>	<b>23</b>
3.1	PRODUTOS.....	23
3.1.1	<i>Tanque 1 – Cee Bee J-84AL [9].....</i>	<i>23</i>
3.1.2	<i>Tanque 3 – Scale Gon #5 [10].....</i>	<i>24</i>
3.1.3	<i>Tanque 5 – Cee Bee J88 [11] .....</i>	<i>24</i>
3.1.4	<i>Tanque 7 – Turco 4409 [12].....</i>	<i>24</i>
3.1.5	<i>Tanque 11 – Turco 4181L [13].....</i>	<i>25</i>
3.2	PROCESSOS .....	25
3.2.1	<i>Limpeza a 4 passos [5].....</i>	<i>25</i>
3.2.2	<i>Limpeza e remoção de óxidos em ligas de titânio.....</i>	<i>27</i>
<b>4</b>	<b>SUPERVISÃO DOS PROCESSOS DE LIMPEZA.....</b>	<b>29</b>
<b>5</b>	<b>DIAGRAMA CAUSA E EFEITO.....</b>	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>PROPOSTAS DE MELHORIA.....</b>	<b>37</b>
6.1	BANHOS QUÍMICOS.....	37
6.1.1	<i>Concentração de espécies ativas e tempos de paragem.....</i>	<i>37</i>

6.1.2	<i>Preços de Produtos Alternativos.....</i>	44
6.2	EQUIPAMENTO UTILIZADO .....	49
6.2.1	<i>Cesto para peças da zona quente.....</i>	50
6.2.2	<i>Cesto para peças da zona fria .....</i>	53
6.3	TEMPO DE LIMPEZA .....	56
6.4	MÃO DE OBRA .....	57
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>59</b>
<b>8</b>	<b>TRABALHO FUTURO.....</b>	<b>61</b>
<b>9</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>63</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>65</b>
	ANEXO I.....	65
	ANEXO II. ....	66
	ANEXO III. ....	67
	ANEXO IV.....	69



# LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Técnicas de aplicação do condition monitoring .....	5
Figura 1.2 - Secção de limpeza.....	5
Figura 1.3 - Banhos químicos.....	6
Figura 1.4 - Sala de lavagem (Limpeza de um reverse).....	6
 Figura 2.1 - Esquema dos perfis de pressão e temperatura em função da zona do motor .....	7
Figura 2.2 - Equipamento de projeção com cabine.....	11
Figura 2.3 - Equipamento de vibro polimento .....	11
Figura 2.4 - Tanque utilizado em processos de limpeza com imersão .....	13
Figura 2.5 - Linha de limpeza química utilizada em processos com imersão .....	13
Figura 2.6 - Representação do processo de emulsificação de gorduras .....	14
Figura 2.7 - Esquema ilustrativo de um processo de reparação com ênfase na etapa da limpeza a 4 passos .....	16
 Figura 3.1 - Reação de óxido de crómio em presença de hidróxido de sódio .....	25
Figura 3.2 - Reação de complexação de óxido de crómio em presença de citrato de amónia .....	25
Figura 3.3 - Reação de óxido de crómio em presença de permanganato de potássio .....	26
Figura 3.4 - Reação de óxido de crómio em presença de ácido fosfórico .....	26
Figura 3.5 - Processo detalhado da limpeza a 4 passos.....	26
Figura 3.6 - Processo detalhado da limpeza de remoção de óxidos .....	27
 Figura 4.1 - Set de várias peças antes do início do processo de lavagem .....	30
Figura 4.2 - Set peças depois da imersão nos Tanque 1 (Cee Bee J-84L) e Tanque 3 (Scale Gon #5) .....	31
Figura 4.3 - Set de peças depois da imersão nos Tanque 5(Cee Bee J88).....	31
Figura 4.4 - Set de peças depois da imersão no tanque final (Turco 4409).....	32
Figura 4.5 - Carter frontal pronto para o próximo processo de manutenção .....	32
Figura 4.6 - Escape antes do processo de limpeza .....	33
Figura 4.7 - Escape depois da imersão no Tanque 11 (Turco 4181L) .....	33
 Figura 5.1 - Diagrama Causa Efeito dos problemas da secção de limpeza .....	35

Figura 6.1 - Concentração de J.84AL ao longo do ano de 2016.....	37
Figura 6.2 - Concentração de J.84AL ao longo do ano de 2017.....	38
Figura 6.3 - Percentagem de acidez de Scale Gon#5 ao longo de janeiro a junho 2016 .....	40
Figura 6.4 - Percentagem de acidez de Scale Gon#5 ao longo de julho a dezembro 2016.....	40
Figura 6.5 - Percentagem de acidez de Scale Gon#5 ao longo de janeiro a junho 2017 .....	41
Figura 6.6 - Percentagem de acidez de Scale Gon#5 ao longo de julho a dezembro 2017.....	41
Figura 6.7 - Concentração de Turco 4409 ao longo do ano de 2016.....	43
Figura 6.8 - Concentração de Turco 4409 ao longo do ano de 2017.....	43
Figura 6.9 - Cesto de limpeza de imersão .....	49
Figura 6.10 - Área utilizada para os cestos de imersão .....	50
Figura 6.11 - Esboço 3D do novo cesto para peças das zona quente .....	51
Figura 6.12 - Valores de medida para novo cesto .....	52
Figura 6.13 - Disposição das fans blades nos cestos atuais .....	53
Figura 6.14 - Esboço 3D do novo cesto para peças da zona fria.....	54
Figura 6.15 - Valores das medidas do cesto para peças da zona fria .....	55
Figura 6.16 - Conjunto de peças antes do começo do processo de limpeza .....	56
Figura 6.17 - Conjunto de peças antes de entrar em processo de limpeza .....	56
Figura 6.18 - Exemplo de uma listagem de criticidade das peças.....	58
Figura 10.1 - Concentração de Cee Bee J88 ao longo de 2016.....	67
Figura 10.2 - Concentração de Cee Bee J88 ao longo de 2017.....	67
Figura 10.3 - Percentagem de alcalinidade de Turco 4181L ao longo de Janeiro a Junho 2016 ...	69
Figura 10.4 - Percentagem de alcalinidade de Turco 4181L ao longo de Julho a dezembro 2016	69
Figura 10.5 - Percentagem de alcalinidade de Turco 4181L ao longo de Janeiro a Junho 2017 ...	70
Figura 10.6 - Percentagem de alcalinidade de Turco 4181L ao longo de Julho a Dezembro 2017	70

# LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Escolha dos materiais em função da temperatura .....	8
Tabela 2.2 - Classificação dos processos de limpeza física .....	10
Tabela 2.3 - Classificação e agrupamento dos processos de limpeza .....	12
Tabela 6.1 - Consumo mensal e média de J-84AL em Litros 2016 .....	39
Tabela 6.2 - Consumo mensal e média de J-84AL em Litros 2017 .....	39
Tabela 6.3 - Consumo mensal e média de Scale Gon 5 em Litros 2016 .....	42
Tabela 6.4 - Consumo mensal e média de Scale Gon 5 em Litros 2017 .....	42
Tabela 6.5 - Melhorias para futura implementação .....	44
Tabela 6.6 - Preço por litros dos diferentes produtos .....	45
Tabela 6.7 - Consumo de J-84AL e Go-2 em 2016 .....	45
Tabela 6.8 - Consumo de J-84AL e Go-2 em 2017 .....	46
Tabela 6.9 - Comparação de preços em 2016 e 2017 .....	46
Tabela 6.10 - Preço por litros dos diferentes produtos .....	47
Tabela 6.11 - Consumo de Turco Scale em 2016 .....	47
Tabela 6.12 - Consumo de Turco Scale em 2017 .....	48
Tabela 6.13 - Comparação de preços em 2016 e 2017 .....	48
Tabela 6.14 - Comparação dos tempos de limpeza entre o cesto normal e o cesto com 3 prateleiras .....	53
Tabela 10.1 - Concentração de Cee Bee JAL – 2016 .....	65
Tabela 10.2 - Percentagem de acidez Scale Gon #52016 .....	65
Tabela 10.3 - Concentração Cee Bee J88 2016 .....	65
Tabela 10.4 - Concentração Turco 4409 2016 .....	65
Tabela 10.5 - Percentagem de alcalinidade Turco 4181L 2016 .....	65
Tabela 10.6 - Concentração de Cee Bee JAL – 2017 .....	66
Tabela 10.7 - Percentagem de acidez Scale Gon #52017 .....	66
Tabela 10.8 - Concentração Cee Bee J88 2017 .....	66
Tabela 10.9 - Concentração Turco 4409 2017 .....	66
Tabela 10.10 - Percentagem de alcalinidade Turco 4181L 2017 .....	66
Tabela 10.11 - Consumo de Cee Bee J88 em Litros 2017 .....	68
Tabela 10.12 - Consumo de Turco 4181 em Litros 2016 .....	71
Tabela 10.13 - Consumo de Turco 4181 em Litros 2017 .....	71



# **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS**

**MRO** – Manutenção, Reparação e *Overhaul*

**NDT** – *Non Destructive Testing*

**TAP-ME** – TAP Manutenção e Engenharia



# 1 ENQUADRAMENTO E MOTIVAÇÃO

Os processos de limpeza de peças de aviação, na área de manutenção, revestem-se de enorme importância e criticidade sendo fundamental o conhecimento dos seus mecanismos, interações e resultados.

Uma incorreta execução de um processo de limpeza pode originar todo um conjunto de anomalias que em última instância podem resultar na perda de vidas humanas.

Na manutenção aeronáutica, e em especial na manutenção de componentes, os processos de limpeza possuem como objetivo principal permitir a correta e objetiva inspeção das peças. A limpeza deverá permitir que todos os processos de inspeção visual ou por métodos não destrutivos (NDT), das superfícies sejam executados sem a interferência de sujidades, óxidos, resíduos, gorduras, revestimentos, etc.; permitindo que os resultados sejam fidedignos. Além de permitir a correta inspeção da superfície das peças, as etapas de limpeza permitem ainda a preparação das peças para os processos de aplicação de revestimentos, processos de reparação e remoção de agentes contaminantes que podem encurtar a vida útil do componente.

Durante a desmontagem dos componentes e antes da sua sujeição a qualquer processo de inspeção, as superfícies das peças têm que ser limpas de todos os óleos e massas lubrificantes, têm que ser removidas todas as camadas de óxidos e devem ser removidos todos os revestimentos de proteção.

A limpeza das superfícies pode ser feita por via física ou química. Pela via física, dependendo do agente a remover, características do material e da geometria, o mesmo sofre a projeção de elementos sólidos, líquidos ou vaporizados (pouco aprofundada neste trabalho). Pela via química, os componentes são mergulhados em tanques que podem conter desengordurantes, desoxidantes e outros produtos químicos. A escolha do produto de limpeza é feita baseada nos contaminantes a remover e das propriedades do material do componente.

Estes processos podem demorar de alguns minutos a algumas horas, dependendo das camadas, natureza e quantidade de agentes a remover e da eficiência dos compostos químicos usados.

Os processos de reparação de material aeronáutico encontram-se definidos e tipificados em manuais próprios, que são desenvolvidos, atualizados e da responsabilidade do fabricante, neste caso a *CFM International*, que está certificada pelas principais autoridades aeronáuticas como a *European Aviation Safety Agency* e a *Federal Aviation Administration*. Todas as atividades de manutenção têm de ser efetuadas com recurso aos manuais do fabricante e de acordo com o descrito nos procedimentos. Alterações aos procedimentos só podem ser efetuadas por autorização do fabricante e segundo os procedimentos próprios para o efeito [1,2].

As consequências de uma incorreta etapa de limpeza, podem ser:

1. Limpeza insuficiente antes de um processo de inspeção visual ou NDTs:
  - A peça terá de ser reprocessada o que significa maiores custos de produção;
  - A peça é erradamente considerada útil, pois os danos encontram-se ocultas por sujidade e revestimentos, originando falhas em serviço;
  - A peça é erradamente considerada inútil o que significa custos de produção desnecessários;
  - A peça poderá ser colocada em serviço possuindo ainda contaminantes (especialmente óxidos de alta temperatura) que podem ditar a sua fragilização e falha prematura em serviço.
2. Na Limpeza química os processos de limpeza são escolhidos em função do material base. A execução de um processo incorretamente escolhido pode acarretar para a peça:
  - O seu reprocessamento dando origem a mais custos de produção;
  - A peça poderá ser reparada e considerada útil, podendo ter ocorrido remoção de material base e redução de espessura. Esta situação pode originar fragilização e falha prematura em serviço;
  - A peça poderá deixar de ser reparável, passando à condição de inútil, o que por sua vez conduzirá à produção de novas peças, com custos bastante elevados;
  - A peça poderá ser reparada e considerada útil, podendo ter ocorrido contaminação do material base com a consequente fragilização e falha prematura em serviço.
3. Para as soluções de limpeza:
  - A contaminação da solução significa custos à substituição por solução nova, destruição da solução antiga e custos de análises e reanálises laboratoriais;
  - A contaminação da solução pode levar também a que peças limpas com a mesma sejam consideradas úteis, originando contaminação do material base e consequente fragilização e falha prematura em serviço.



## 1.1 MOTIVAÇÃO DO PROJETO

Ao longo dos anos, as práticas de manutenção têm sofrido um processo evolutivo, de modo a que empresas de Manutenção, Reparação e Overhaul (MRO), como a TAP M&E, se mantenham competitivas no mercado. Esta evolução é visível pelo facto de o mercado ter mudado de uma manutenção à base do tempo para uma manutenção à base da condição do motor à entrada da oficina. Neste mercado, em que os trabalhos de manutenção podem custar milhões de dólares, as companhias MRO são forçadas a reduzir os custos para o mínimo [3].

Os processos de limpeza, sendo um dos primeiros processos a serem efetuados, ditam o tempo e o custo necessário para a manutenção e reparação de um motor.

Esta dissertação insere-se numa proposta de melhoria para a secção de limpeza de peças de reator, no âmbito da sua eficiência e tempo.

## 1.2 OBJETIVOS E ABORDAGEM

O principal objetivo deste trabalho é a gestão e otimização da secção da limpeza química., como maior foco nos banhos químicos e respetivos agentes ativos (limpeza a 4 passos) e o porquê de os valores de concentração das espécies ativas de cada banho, estarem fora dos limites especificados pelo manual, obrigando à paragem do trabalho de limpeza até ser realizada uma correção. A limpeza a 4 passos é o processo mais crítico tanto para a integridade das peças como para o sucesso da sua reparação.

Para tal, em primeiro lugar, é necessário perceber e acompanhar os métodos de limpeza e acompanhar um motor desde a sua chegada à secção de limpeza até à sua saída.

Depois do acompanhamento e maior familiarização de todos os processos, o próximo passo é identificar os fatores mais críticos e as suas respetivas causas e elaborar um diagrama causa-efeito para, mais tarde, propor soluções de melhoria que sejam aplicáveis segundo as normas e manuais do fabricante.

## 1.3 TAP MANUTENÇÃO E ENGENHARIA

TAP ME é o departamento de manutenção da TAP Portugal. Tem a sua base principal localizada em Lisboa e o departamento emprega mais de 4000 técnicos, formados e qualificados para fornecer um serviço de qualidade na manutenção e engenharia de aviões, motores e componentes. TAP ME é reconhecida internacionalmente e certificada por muitas autoridades aeronáuticas como a *European Aviation Safety Agency* e a *Federal Aviation Administration*. O departamento foi criado em 1945 para assegurar a manutenção da frota TAP. A prestação de serviços a outras companhias iniciou-se nos anos 70. Atualmente, a TAP ME é uma das empresas líder na manutenção, reparação e *overhaul* (MRO), prestando serviços e soluções a frotas da *Airbus*, *Boeing* e *Embraer*, que vão desde motores, *airframes* e componentes a engenharia e material de suporte. Os 3 centros de manutenção estão localizados em Portugal e Brasil. Em

Portugal, está localizado em Lisboa. No Brasil, no Rio de Janeiro e Porto Alegre. O centro do Rio de Janeiro foca-se em várias partes do avião, exceto o motor, Porto Alegre foca-se em motores *turboprop* e Lisboa em motores *turbofan*. Esta tese foi desenvolvida no centro de Lisboa, onde os serviços MRO estão aprovados para a frota *Airbus A300-600*, *A310*, *A330*, *A340*, *A320* e para motores dos modelos *CFM56-3*, *CFM56-5A*, *CFM56-5B*, *CFM56-5C*, *CFM56-7B* e *CF6-80C2*. [4]

## 1.4 QUANDO É REALIZADA A MANUTENÇÃO DO MOTOR?

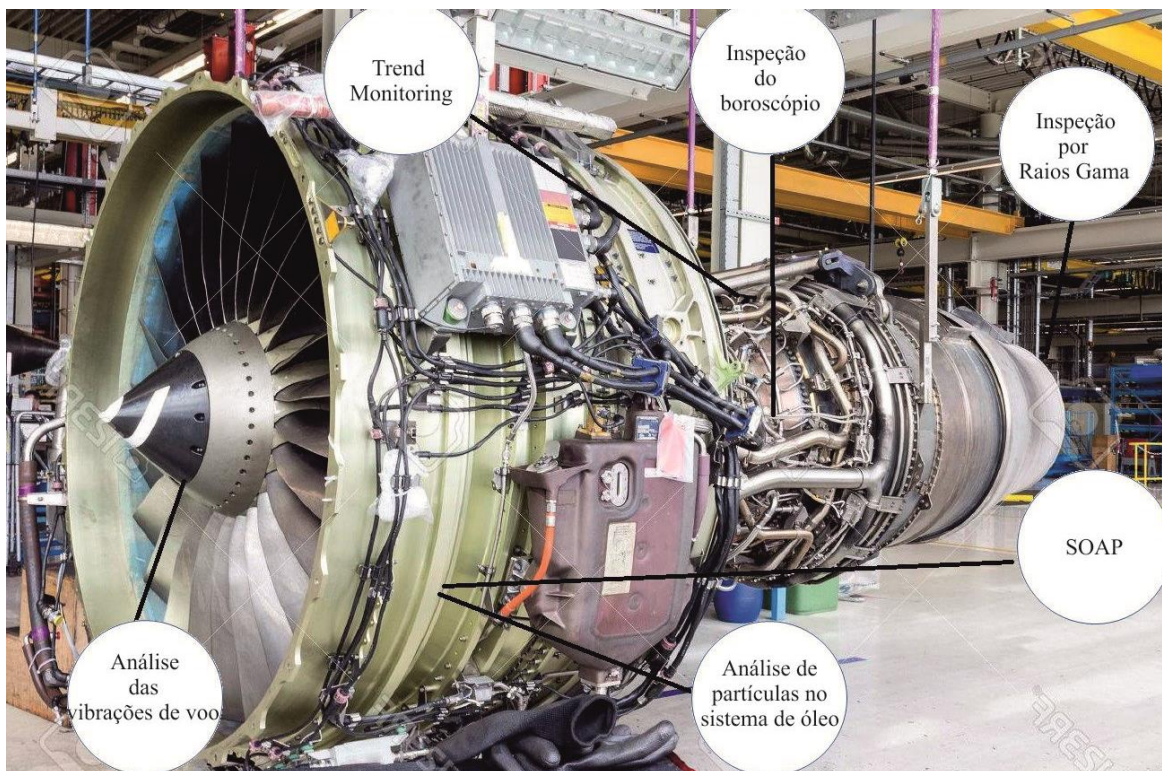
A manutenção de um motor, enquanto instalado no avião, faz-se segundo a filosofia *On Condition*. Quer isto dizer que as ações de manutenção que não sejam as de pura rotina entre cada voo são decididas caso a caso por interpretação dos sinais de saúde que o reator vai mostrando.

De modo a avaliar a saúde do reator entre cada voo, a *CFM* definiu um conjunto de técnicas de diagnóstico da saúde do reator que permitem efetuar o *Condition Monitoring*.

O *Condition Monitoring* é o meio principal para se decidir da existência ou não dos requisitos técnicos mínimos exigíveis para que o reator possa continuar em operação e em condições económicas para a companhia. Isto torna desnecessária a remoção periódica do reator para cumprir inspeções e efetuar revisões na oficina. A remoção do reator do avião é decidida se os resultados do *Condition Monitoring* apontarem para uma anomalia grave, que possa pôr em causa, em primeiro lugar, a segurança da operação de voo e em segundo a economia de exploração.

As técnicas postas à disposição do operador para efetuar o *Condition Monitoring* são [3]:

- *Trend Monitoring* (acompanhamento da evolução);
- Inspeção do boroscópio;
- Análise das vibrações em voo;
- Recolha e análise de partículas no sistema de óleo;
- *SOAP (Spectral Oil Analysis Program)*;
- Inspeção por raios Gama



*Figura 1.1 - Técnicas de aplicação do condition monitoring[3]*

## 1.5 SECÇÃO DE LIMPEZA

A secção de limpeza situa-se no edifício 23 do campus TAP e tem área dividida com a secção de NDTs, onde é efetuada a limpeza com banhos químicos, limpeza física e secagem de peças na estufa. As figuras 1.2 e 1.3 ilustram o espaço da secção de limpeza.



*Figura 1.2 - Secção de limpeza*





*Figura 1.3 - Banhos químicos*

A secção de limpeza possui também uma sala de lavagem, dedicada principalmente à limpeza que peças de grande porte, demonstrada na figura 1.4.



*Figura 1.4 - Sala de lavagem (Limpeza de um reverse)*

Todos os trabalhos são efetuados por técnicos com devida formação e são realizados em 2 turnos laborais constituídos por 8 técnicos cada turno.

## 2 INTRODUÇÃO

### 2.1 MATERIAIS UTILIZADOS NOS MOTORES AERONÁUTICOS

O rápido desenvolvimento dos motores aeronáuticos ao longo das últimas décadas deveu-se em grande parte ao desenvolvimento de materiais de grande resistência mecânica e capazes de suportar elevadas temperaturas que se desenvolvem no seu interior.

A escolha de um determinado material para uma determinada função é conseguida através do cruzamento entre as propriedades específicas de cada material (Densidade, dureza, ponto de fusão, condutividade térmica, etc) e a pressões e temperaturas a que estará sujeito em serviço.

Para tal, é importante ter conhecimento dos perfis de temperatura e pressão dentro do motor. Este conhecimento permite perceber dentro do motor as escolhas e posicionamento dos materiais que constituem as peças ilustrado na figura 2.1 [3].

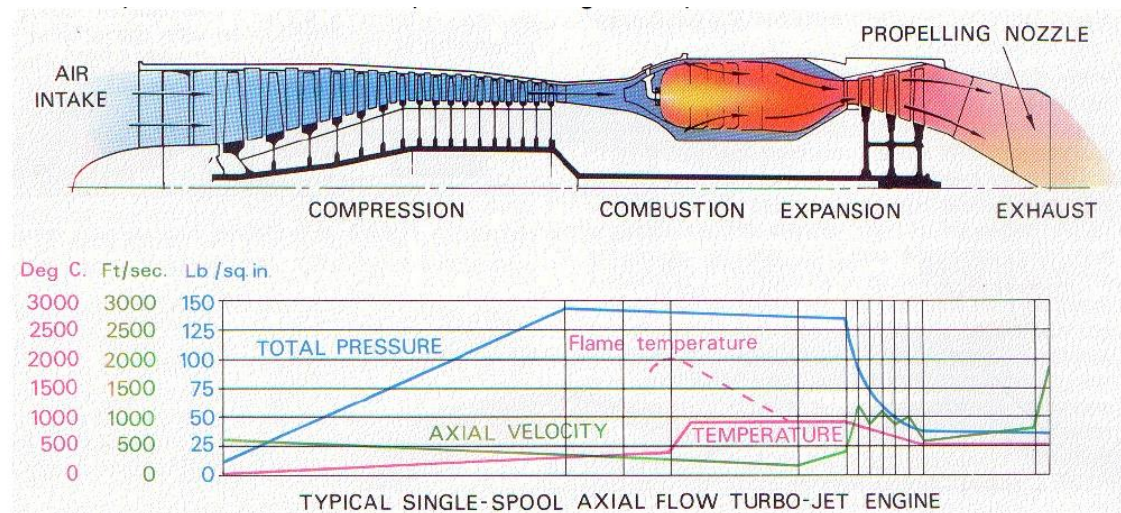


Figura 2.1 - Esquema dos perfis de pressão e temperatura em função da zona do motor [3]

### 2.1.1 Escolha dos materiais em função da temperatura

A tabela 2.1 enuncia a escolha dos materiais em função da temperatura.

Tabela 2.1 - Escolha dos materiais em função da temperatura

Gama de Temperaturas	Tipo de Liga	Características	Aplicação
< 260°C	Alumínio	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baixa densidade</li> <li>Boa relação resistência/peso</li> <li>Sob a forma de produtos forjados e fundidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rodas de compressores centrífugos</li> <li>Carters de compressor</li> <li><i>Inlet cowls, thrust reversers</i></li> </ul>
<538°C	Titânio	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elevada resistência mecânica</li> <li>Baixa densidade</li> <li>Boa combinação com o Alumínio que traduz numa elevada resistência</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Discos de compressor</li> <li>Pás de compressor</li> </ul>
<677°C	Ferro	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aços de baixa liga</li> <li>Aços-liga de elevado teor em Crómio ou Níquel</li> <li>Baixo custo de produção</li> <li>Facilidade de manuseamento</li> <li>Boas características mecânicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Vanes</i></li> <li>Discos</li> <li>Espaçadores</li> <li>Peças estruturais</li> </ul>
<982°C	Níquel	<ul style="list-style-type: none"> <li>As melhores ligas para suportarem elevadas temperaturas</li> <li>Elevada resistência à fluência e à rotura</li> <li>Boa ductilidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Discos de turbina</li> <li>Veios</li> <li>Espaçadores de turbina</li> <li>Componentes da turbina</li> </ul>

## 2.2 PROCESSOS DE LIMPEZA

O processo de limpeza em peças de avião tem como primeiro e principal objetivo a preparação das superfícies das peças para inspeção. Esta inspeção pode ser visual ou através de técnicas não destrutivas.

O impacto de um processo de limpeza malconduzido pode levar a várias consequências negativas, tais como:

- Ataque ao material base com comprometimento ao nível dimensional e estrutural da peça;
- Ataque ao material base com comprometimento microestrutural do material com alteração das características mecânicas necessárias;

- Ataque ao material base com comprometimento microestrutural do material, criação de microporosidades, microfraturas, microrugosidades e zonas iniciadoras de corrosão ou fraturas;
- Ataque aos revestimentos ou tratamentos superficiais;
- Redução de espessura;
- Impossibilidade de uma correta inspeção das peças.

As consequências de uma incorreta etapa de limpeza podem resultar, em última análise, na perda total da aeronave e na perda de vidas humanas.

Os processos de limpeza são agrupados com base na sua interação com o contaminante/superfície. Se possuírem componentes fundamentalmente química é considerada uma limpeza química. Se possuírem uma componente física é considerada uma limpeza física. Por outro lado, podem possuir ambas as componentes resultando numa limpeza Físico-Química.

Apesar deste estudo incidir principalmente na limpeza química, as limpezas física e físico-química serão, sucintamente, abordadas.

### 2.2.1 Limpeza Física

Nos processos de limpeza física, os contaminantes são removidos por ação mecânica direta de um meio abrasivo projetado ou de um instrumento de corte. Em ambos os casos a remoção dá-se pela aplicação/entrega de energia (cinética) de valor superior à energia de adesão das partículas de contaminante à superfície, promovendo a quebra das ligações e consequente libertação das partículas.

Os processos de limpeza física podem ser classificados de acordo com a tabela 2.2 [5].

*Tabela 2.2 - Classificação dos processos de limpeza física*

Interação com a superfície	Tipo de meio abrasivo
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Projeção</b> – processo de projeção de materiais sobre a superfície da peça de forma a remover corrosão superficial, sujidade, oxidação e depósitos de carvões.</li><li>• <b>Abrasão</b> – permite um polimento superficial ao mesmo tempo que desengordura e limpa, necessário para pás e <i>vanes</i>.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Óxido de Alumínio</b> – remoção de oxidação em materiais não ferrosos;</li><li>• <b>Glass Bead</b> – remoção de oxidação suave e limpeza intermédia;</li><li>• <b>Novaculite</b> – remoção de oxidação suave e limpeza intermédia;</li><li>• <b>Plastic</b> – remoção de oxidação ligeira. Aplicável em materiais finos de qualquer liga;</li><li>• <b>Steel Shot</b> – remoção de oxidação forte. Aplicável apenas em materiais grosseiros de ligas ferrosas.</li></ul>



As figuras 2.2 e 2.3 representam 2 equipamentos usados na limpeza física.



*Figura 2.2 - Equipamento de projeção com cabine*



*Figura 2.3 - Equipamento de vibro polimento [5]*

### **2.2.2 Limpeza Físico-Química**

Os processos de limpeza físico-químicos compreendem ambos os mecanismos de remoção de contaminantes. Nestes casos as superfícies são sujeitas à presença de soluções de limpeza sendo fortemente potenciada por ação mecânica. Os casos mais comuns são a aplicação de produtos de limpeza com panos, escovas, *scotch-brite pads*, lixa, etc. Nestes casos a ação química dos produtos é potenciada por uma ação de remoção física combinada com movimento e abrasão [5].

### 2.2.3 Limpeza Química

Nos processos de limpeza química os contaminantes são removidos da superfície por ação de soluções químicas aplicadas por imersão em tanques, manualmente ou através de máquinas a alta ou baixa pressão.

A remoção dos contaminantes é conseguida através da transferência de suficiente energia potencial química dos componentes da solução para as moléculas de contaminante. Esta transferência de energia resultará na quebra das ligações de adesão entre as moléculas de contaminante e as moléculas superficiais do material da peça, libertando o contaminante para a solução. A energia fornecida ao sistema para a quebra de ligações de adesão pode ser aumentada através do aquecimento de soluções.

#### 2.2.3.1 Classificação

Dependendo da tecnologia, efeito ou produto, existem vários mecanismos de agrupamento e classificação para a limpeza química. Assim na tabela 2.3 é possível verificar os 5 tipos de classificação e agrupamento dos processos de limpeza.

*Tabela 2.3 - Classificação e agrupamento dos processos de limpeza*

Natureza do processo	Natureza de produtos	Etapas do processo	Natureza do contaminante	Génese do contaminante
- Imersão - Manual	- Solvente - Detergente - Ácido - Alcalino	- Pré-Limpeza - Limpeza pré-inspeção - Limpeza pós-inspeção - Limpeza pré-processo - Limpeza pós-processo - Remoção	- Óleos - Semissólidos - Sólidos	-Alta temperatura -Baixa Temperatura

#### Natureza do processo

A natureza do processo está associada à maneira como o agente de limpeza é aplicado à superfície.

A aplicação é considerada de imersão quando a superfície da peça é completamente submersa na solução de limpeza. Neste processo é fundamental a ação da agitação. Esta permitirá a remoção dos agentes contaminantes que se foram soltando por ação da solução e permitirá a

renovação da solução de limpeza junto da superfície. As figuras 2.4 e 2.5 são os tanques e as linhas de limpeza química em processos de imersão.



*Figura 2.4 - Tanque utilizado em processos de limpeza com imersão*



*Figura 2.5 - Linha de limpeza química utilizada em processos com imersão*

Num processo manual, a solução é aplicada na superfície pelo técnico, com a “ajuda” de um pano, escova ou esponja. Esta ação torna o processo químico e físico. Este tipo de limpeza é bastante utilizado em peças de grande dimensão.

## Natureza de produtos

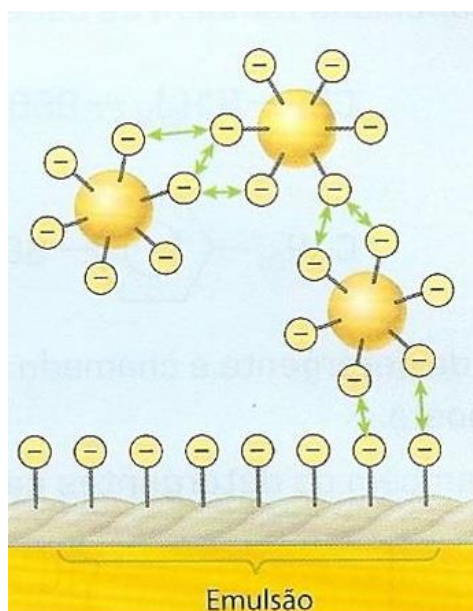
Os produtos podem ser classificados em solventes, detergentes e soluções ácidas e alcalinas.

A limpeza com solventes (desengorduramento) pode ser dividida em limpeza a frio e a quente. Na limpeza a frio o solvente é aplicado na superfície à temperatura ambiente ou a temperaturas muito inferiores ao seu ponto de ebulição. Na limpeza a quente o solvente é aquecido acima da sua temperatura de ebulição formando uma fase de vapor e é esta fase gasosa que é utilizada como agente de limpeza.

Os detergentes são produtos de limpeza à base de surfactantes. Os surfactantes são compostos que baixam a tensão superficial de um líquido permitindo a sua fácil dispersão sobre uma superfície.

As moléculas dos surfactantes são compostas por longas cadeias de átomos de carbono e hidrogénio, chamadas de micelas. Num dos extremos da cadeia há uma configuração de átomos hidrofílica. No outro extremo há uma configuração hidrofóbica, mas esta é facilmente atraída pela gordura [6].

No processo de limpeza, a extremidade hidrofóbica liga-se à gordura na superfície contaminada, deixando escoar a água em baixo, este fenómeno é conhecido como emulsificação. A partícula de gordura é desagregada da superfície e rodeada por moléculas de detergente formando um complexo insolúvel, o qual pode ser removido por filtragem da solução [6]. A figura 2.6 representa o processo de emulsificação de gorduras.



*Figura 2.6 - Representação do processo de emulsificação de gorduras[6]*

A água não é capaz de dissolver as gorduras, por estas serem hidrofóbicas. As gotas de óleo, por exemplo, em contacto com a água, tendem a coalescer, formando uma camada aquosa e outra oleosa. A presença do detergente, entretanto, altera este sistema. As partes apolares das moléculas

de detergente dissolvem-se nas gotículas de óleo, ficando as extremidades de carboxilatos imersas na fase aquosa circundante. A repulsão entre as cargas do mesmo sinal impede as gotículas de óleo de se agruparem e crescer. Forma-se então uma emulsão estável de óleo em água que é facilmente removida da superfície que se pretende limpar, por exemplo, por agitação ou ação mecânica. Deste modo, os detergentes atuam, no processo de limpeza, como surfactantes (agentes dispersores) [6].

## **Etapas do processo**

As etapas de limpeza podem ser introduzidas em vários passos do processo de reparação. Dependendo da altura do processo onde é incorporada, ou seja, da sua função no processo, podem ser classificadas como [5]:

- Pré-limpeza – etapa que antecede os processos de limpeza mais “pesados” de remoção de óxidos de alta temperatura. É uma limpeza que possui como objetivo a remoção de contaminante tipo gorduras, óleos minerais, óleos vegetais, poeiras e partículas sólidas.
- Limpeza pré-inspeção – preparam a superfície para uma etapa de inspeção visual ou por NDTs. Podem ser utilizados vários processos, em função do metal base, contaminantes e etapa do processo de reparação;
- Limpeza pós inspeção;
- Limpeza pré-processo;
- Limpeza pós-processo;



A figura 2.7 ilustra as várias etapas do processo de limpeza, com ênfase no processo de limpeza a 4 passos.

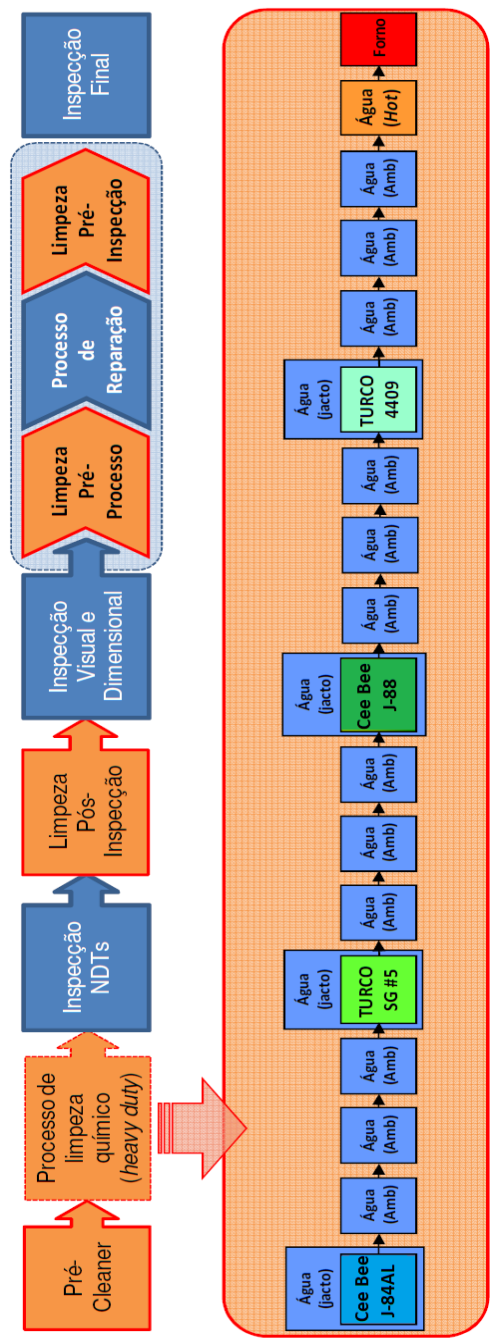


Figura 2.7 - Esquema ilustrativo de um processo de reparação com ênfase na etapa da limpeza a 4 passos [5]

## Natureza do contaminante

Os processos de limpeza podem ser igualmente classificados de acordo com a natureza dos contaminantes que removerão. Assim os contaminantes podem ser agrupados em [5]:

- Óleos e gorduras (óleos hidráulicos, óleos de lubrificação, óleos de maquinação e gorduras) → associada a etapas de pré-limpeza, limpeza pós-inspeção e limpezas pré e pós processos e utilizam-se produtos detergentes;
- Semi-sólidos (óleos viscosos e massas lubrificantes) → associada a etapas de pré-limpeza e utiliza normalmente produtos detergentes com pressão e a altas temperaturas;
- Sólidos (óleos carbonizados ou carvões, produtos de corrosão, óxidos de alta temperatura) → associada a processos de limpeza pré-inspeção. Estes processos são os mais críticos tanto para a integridade das peças como para o sucesso da sua reparação. Na sua forma mais completa (limpeza a 4 passos) este processo contempla a imersão sequencial em 4 soluções de limpeza alcalina e ácidas intercaladas por enxaguamentos em água fria, terminando com o enxaguamento em água quente desionizada e secagem em estufa. A realização desta dissertação foi focada neste tipo de contaminante.

## Natureza do contaminante

Os contaminantes que se formam nas peças são resultantes do trabalho das mesmas e encontram-se relacionadas com a zona de trabalho no motor. Assim peças que trabalham nas zonas quentes e que se caracterizam por pertencerem às classes de materiais das ligas e superligas resistentes a temperaturas vão possuir contaminantes tipo oxidações, oxissulfitos e carvão.

A oxidação em serviço das super-ligas ocorre principalmente por contacto com gases muito reativos, a altas temperaturas e a alta velocidade. Estes contêm sulfeto de Hidrogénio ( $H_2S$ ) e dióxido de enxofre ( $SO_2$ ) e outros produtos resultantes da combustão como os óxidos de azoto ou nitrox ( $NO_x$ ) [7].

As peças das zonas mais frias (alumínio, magnésio, aços, titânio) possuem sobretudo contaminantes do tipo lubrificantes, depósitos de carvão e revestimentos.

Um dos materiais da zona fria mais utilizados é o titânio. As peças fabricadas neste material possuem quase a totalidade das classes de contaminantes possíveis, apresentam plasmas, revestimentos, adesivos, lubrificantes sólidos, gorduras e óleos, partículas sólidas e óxidos. Além da diversidade de contaminantes este material apresenta uma forte tendência a contaminação/oxidação galvânica em presença de outros metais não quimicamente inertes (por

exemplo o aço), ou seja, os processos de limpeza, os tanques e as ferramentas têm de ser específicos e exclusivos para processamento de peças em titânio [8].

### 2.1.2 Parâmetros dos produtos de Limpeza

Os produtos de limpeza em aviação e em especial em peças de motor ou componente são utilizados na sua forma diluída, formando soluções aquosas.

A correta e eficaz utilização das mesmas pressupõe o seu conhecimento e dos parâmetros e condições que as influenciam [5]:

- **Características** - As soluções de limpeza podem ser agrupadas em soluções de desgorduramento e soluções de desoxidação. Dentro das primeiras temos ainda soluções alcalinas aquosas de desgorduramento e solventes orgânicos. Dentro das soluções desoxidantes, temos soluções ácidas e alcalinas.
- **Parâmetros de limpeza** - Os parâmetros de limpeza definidos em manual têm de ser seguidos pois constituirão a melhor relação entre tipo de material, tipo de contaminantes, etapa do processo e solução da limpeza.

O não respeito pelos parâmetros de solução (mínimos e máximos) pode originar situações adversas para as soluções, para os técnicos ou para as peças.

Algumas situações que podem ocorrer:

1. Concentração das espécies ativas inferior ao recomendado → para os tempos definidos a limpeza é incompleta;
2. Concentração das espécies ativas superior ao recomendado → para os tempos definidos pode ocorrer ataque ao metal base da peça;
3. Temperatura da solução inferior ao recomendado → as espécies ativas vão estar menos reativas e, portanto, a limpeza ficará incompleta
4. Temperatura da solução superior ao recomendado → pode ocorrer ataque ao metal base da peça e/ou uma reação exotérmica violenta com expulsão da solução para fora do tanque;
5. Agitação excessiva da solução → as espécies ativas das soluções não possuem tempo suficiente para reagir com os contaminantes na superfície da peça;
6. Agitação deficitária da solução → existe a precipitação das espécies em solução.

Alguns parâmetros controláveis de uma solução de limpeza possuem intervalos muito grandes, pois embora estes constituam a melhor relação entre variáveis, existem circunstâncias que ditam a necessidade de intervalos maiores, por exemplo a complexidade e área da peça.



## **Temperatura da solução**

Potencia a ação de remoção de óxidos. Mantém os carbonatos e os componentes dos produtos de limpeza em solução, reduzindo a hipótese de cristalização dos mesmos, ou seja, favorece as reações de solubilização em detrimento das reações de cristalização, onde ocorre perda dos componentes ativos [3].

As soluções de limpeza são de forma geral, soluções aquosas de uma mistura de reagentes solubilizados. Alguns dos componentes em solução, não são naturalmente solúveis em água necessitando de temperatura para se manterem dissolvidos. A redução da temperatura da solução abaixo dos 60°C origina a cristalização de alguns dos componentes da solução de limpeza, o que implica a formação de lamas dentro da solução (aumento da quantidade de contaminantes) e perda da reatividade, ou seja, poder de limpeza da solução [5].

As soluções devem ser sempre mantidas acima dos 60°C, mesmo quando não estão a ser utilizadas.

## **Agitação (tipo e homogeneidade)**

A agitação das soluções só pode ser exclusivamente do tipo mecânico, sobretudo as soluções alcalinas aquecidas. A agitação a ar provoca arrefecimento da solução e redução da homogeneidade térmica. Devido à presença de dióxido no ar, ocorrerá ainda a redução da alcalinidade da solução, por consumo das espécies  $\text{OH}^-$ , e promover o acumular de lamas resultantes da formação de um precipitado insolúvel de carbonatos [5].

A agitação das soluções é de elevada importância, permitindo manter a homogeneidade em termos dos componentes ativos e temperatura; remover/afastar os contaminantes em solução da superfície em limpeza; refrescar em componentes ativos a solução junto da superfície em limpeza e manter finamente dispersos em solução os contaminantes removidos.

## **Tempo de imersão**

Os tempos de imersão, são, dentro dos intervalos definidos pelo fabricante, maiores ou menores em função da complexidade da peça (mais complexa equivale a mais tempo), área a limpar (mais área equivale a mais tempo) e grau de contaminação (mais contaminação equivale a mais tempo).

Tempos de imersão muito longos, não resultam em melhores resultados, em especial no que diz respeito aos processos de remoção de óxidos de elevada temperatura (limpeza a 4 passos).

Estes processos de limpeza com remoção sequencial de óxidos de várias naturezas são francamente potenciados com reprocessos em vez de processos mais longos. Ou seja, como cada óxido só é sensível a uma solução específica, funcionando como bloqueio para as outras,

não faz sentido manter uma peça numa solução para a qual o óxido em remoção não é sensível. É mais vantajoso que o processo seja curto, mas repetido as vezes que forem necessárias até completa remoção dos óxidos [5].

## **Concentração dos agentes**

A concentração dos agentes químicos deve ser mantida dentro dos níveis recomendados pelos fabricantes de peças par aviação e dos produtos de limpeza.

A concentração dos agentes ativos das soluções é controlada através de ensaios físico-químicos efetuados pelo laboratório da TAP e de acordo com os planos de análise definidos em manual.

Os planos de análise e os intervalos de controlo das espécies ativas podem ser alterados, no sentido de maior restrição. Na TAP-ME existem situações em que os limites foram tornados mais restritivos por conveniência do serviço. Ao nível dos limites de controlo da concentração dos componentes ativos das soluções, estes foram alterados para menos 25% do limite máximo de controlo e mais 25% do limite mínimo, ou seja, os intervalos da TAP-ME são mais restritos que os definidos pelo manual e fornecedor. Esta situação permite que exista uma probabilidade aceitável da solução ficar, entre análises, fora das especificações da TAP, mas uma probabilidade muito baixa de ficar fora das especificações do manual.

Com base no histórico das análises da solução pode-se ajustar a frequência das mesmas, permitindo manter as soluções mais controladas, minimizando o risco de se trabalhar fora dos limites de controlo de soluções definidos pelo manual, efetuando correções com recurso a quantidades menores de solução nova e reduzindo o risco de ter soluções fora de serviço.

## **Nível de Contaminantes**

Os níveis de contaminantes em solução devem ser mantidos o mais baixo possível, pois pode-se incorrer na situação em que ao remover as peças da solução exista uma redistribuição dos contaminantes na superfície da mesma. Na prática esta remoção só pode ser efetuada de forma física.

Os contaminantes resultantes da limpeza das peças, em especial os óleos e massas lubrificantes possuem um certo grau de flutuação, assim uma das maneiras de os remover da solução passa por apanhar com uma pá as lamas em suspensão e à superfície da solução.

## Análises

As análises físico-químicas às soluções de limpeza são definidas pelo manual e fabricante do produto. Estas iniciam-se com a recolha de uma amostra representativa da solução em análise nas condições semelhantes às de processamento das peças, seguida do envio para laboratório da TAP, onde é avaliado a condição real dos parâmetros e desvio face aos limites.

Avaliado o desvio de cada parâmetro, são definidas as ações de correção à solução, que passarão pela adição de solução nova ou de parte de algum dos componentes da solução, à solução em serviço. Após as correções, nova análise ou reanálise, tem de ser efetuada.

### 2.2.4 Enxaguamento

Existem diversos processos de limpeza descritos em manual. As diferenças entre eles dizem respeito fundamentalmente ao tipo de produtos utilizados estando estes associados ao metal base da peça a limpar e ao tipo de contaminante a remover.

Comum a todos os procedimentos é a necessidade de etapas de enxaguamento. Estas compreendem a “lavagem” das peças para remoção dos químicos de limpeza e dos contaminantes que se soltaram da superfície da peça por ação das soluções.

Os enxaguamentos podem ser executados por:

1. Imersão em tanque:
  - a. Temperatura ambiente;
  - b. Temperatura acima dos 60°C (*flash dry*).
2. Manual
  - a. Mangueira (sem pressão);

O enxaguamento é determinado sobretudo pelo tipo e etapa do processo de limpeza em que é considerado.

Para peças complexas ou com zonas de retenção de solução de limpeza é usado um enxaguamento final de imersão a quente. Esta etapa normalmente finaliza os processos de limpeza situando-se processualmente imediatamente antes da secagem em estufa. A sua função é a de proporcionar um enxaguamento final com o mínimo de contaminantes (a água a utilizada tem de possuir uma condutividade muito baixa) e permitir uma secagem rápida da superfície (*flash dry*). A conjugação de ambas permitirá a redução do aparecimento de manchas de secagem, sinónimo de uma limpeza incompleta [5].

A qualidade da água é crítica nesta etapa, uma água com alta condutividade, ou seja, elevada presença de iões, ou com um elevado nível de contaminantes é inaceitável. Assim é fundamental que a água utilizada no tanque seja desionizada e com condutividade inferior a 5

microsiemens ( $\mu\text{s}$ ), que existam etapas de enxaguamento eficazes a montante e que existam processos de controlo de níveis de contaminação e/ou de renovação de água eficazes.

Os enxaguamentos com imersão em água à temperatura ambiente e os enxaguamentos com mangueira são utilizados em todos os processos de limpeza com imersão, como etapa intermédia entre cada duas etapas de imersão em soluções de limpeza. Com a imersão das peças nas soluções ativas irá ocorrer até certo grau, dependendo da complexidade e forma da peça, o aprisionamento e arrastamento de solução para fora do tanque. Esta solução arrastada, quando as peças são retiradas, irá funcionar como contaminante para a solução no tanque processual seguinte [5].

Num processo de limpeza eficaz a sequência de enxaguamento será:

1. Durante a remoção da peça de dentro da solução ativa, esta será pré-enxaguada com jato de água;
2. Imersão num tanque de enxaguamento com água “morta”;
3. Imersão num tanque de enxaguamento contendo água com condutividade média (baixa contaminação);
4. Imersão num tanque de enxaguamento contendo água com baixa condutividade (muito baixa contaminação).

Após este processo de enxaguamento a 4 passos a peça poderá ser reimmergida na solução de limpeza seguinte em termos processuais.

### **2.2.5 Verificação de Qualidade**

Todos os procedimentos de limpeza possuem no final uma etapa de verificação da qualidade e eficácia do processo. Esta deverá ser efetuada através de inspeção visual e contemplará:

- a verificação da não existência de óxidos (através da coloração características do mesmo: azul, vermelho/laranja ou preto);
- a verificação da ausência de manchas de secagem;
- a verificação da ausência de manchas de óleo, gorduras e massas lubrificantes;
- verificação da condição geral da superfície da peça.

A falha na inspeção visual pressupõe o reprocessamento da peça, reiniciando o processo de limpeza desde o início.

## 3 PROCESSOS E PRODUTOS EM USO

As peças que efetuam um processo de limpeza química, seguem uma sequência de passos/etapas mais ou menos longa dependendo do nível de contaminação inicial, tipo de limpeza (no que ao processo de reparação diz respeito) e resultado final.

Os processos de limpeza química com imersão de maior importância e com maior foco neste trabalho foram:

- Limpeza a 4 passos – Remoção de óxidos formados a baixas e altas temperaturas;
- Limpeza e remoção de óxidos em ligas de titânio;

Em primeiro lugar irá ser abordado os produtos existentes nas várias tinas destinados a estes 2 processos.

No subcapítulo seguinte serão abordados os dois processos de limpeza.

### 3.1 PRODUTOS

#### 3.1.1 Tanque 1 – Cee Bee J-84AL [9]

Cee Bee J-84L é um líquido alcalino usado para remover óxidos, depósitos de carvão, produtos de corrosão, gorduras, massas lubrificantes, pinturas, vernizes e revestimentos. Pode ser usado em aço, ferro, metais nobres e superligas. Pode ser usado em titânio, mas apenas por tempo limitado.

Este produto é constituído por Hidróxido de Sódio (NaOH) e outros componentes não divulgados pelo fornecedor.

Nesta tina em concreto este produto é utilizado apenas para remoção de óxidos de baixa e alta temperatura e produtos de corrosão.

De modo a prolongar a concentração de Cee Bee J-84L e diminuir o consumo da espécie ativa, durante o processo de lavagem, é adicionado o aditivo Cee Bee GO-2.

O tanque contém uma solução composta por 30% a 37% de volume de J-84L diluído em água. A temperatura é mantida entre 85°C e 95°C com agitação mecânica constante.

A imersão das peças neste tanque pode durar o máximo de 40 minutos.

A análise em laboratório é efetuada mensalmente e o parâmetro controlado é a concentração do produto na solução aquosa. Para se considerar um banho apto para lavagem os valores de concentração têm de estar entre 318mL/L e 370 mL/L.

### **3.1.2 Tanque 3 – Scale Gon #5 [10]**

Scale Gon #5 é um líquido ácido usado para a precipitação dos cátions de ferro para permitir a sua remoção no tanque seguinte. As peças não podem ficar imersas mais de 20 minutos, pois os agentes oxidantes da solução ácida podem atacar o material base.

Este produto é constituído por ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) e citrato de amónia  $((\text{NH}_4)_2\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_7)$  e outros componentes não divulgados pelo fornecedor.

O tanque contém uma solução composta por 20% a 30% de volume de Scale Gon #5 diluído em água. A temperatura é mantida entre os 80°C e 90°C com agitação mecânica constante.

A análise em laboratório é efetuada quinzenalmente e o parâmetro controlado é a percentagem de acidez na solução. Para se considerar um banho apto para lavagem os valores de percentagem de acidez devem estar entre 20% e 30%.

### **3.1.3 Tanque 5 – Cee Bee J88 [11]**

Cee Bee J88 é um sólido, que misturado com a água dá origem a um líquido alcalino. Este é usado para a remoção de depósitos de carbono e óxidos não removidos pela solução anterior.

Este produto é constituído por permanganato de potássio ( $\text{KMnO}_4$ ) e hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ) e outros componentes não divulgados pelo fornecedor.

O tanque contém uma solução composta por cerca de 80 Kg de J88 dissolvidos em água. A temperatura é mantida entre os 85°C e 95°C com agitação mecânica constante.

A imersão das peças neste tanque pode durar o máximo de 40 minutos.

A análise em laboratório é efetuada mensalmente e o parâmetro controlado é a concentração do produto na solução aquosa. Para se considerar um banho apto para lavagem os valores de concentração têm de estar entre 156 g/L e 240 g/L.

### **3.1.4 Tanque 7 – Turco 4409 [12]**

Turco 4409 é um líquido ácido e o removedor final dos óxidos. Nesta etapa final, as peças não podem ficar imersas mais de 5 minutos.

Este produto é constituído por ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) e outros componentes não divulgados pelo fornecedor.

O tanque contém uma solução composta por 50% de volume de Turco 4409 diluído em água. A solução é mantida à temperatura ambiente com agitação mecânica constante.

A análise em laboratório é efetuada mensalmente e o parâmetro controlado é a concentração do produto na solução aquosa. Para se considerar um banho apto para lavagem os valores de concentração têm de estar entre 450 mL/L e 500 mL/L.

### 3.1.5 Tanque 11 – Turco 4181L [13]

O Turco 4181L é semelhante em todos os aspetos ao Cee Bee J-84AL, apenas o fornecedor é diferente.

Este tanque é utilizado única e exclusivamente para a limpeza e remoção de óxidos de ligas de titânio. E para tal o tanque contém uma solução composta por 12% a 15% de volume de Turco 4181L diluído em água. A temperatura é mantida a 70°C com agitação mecânica constante.

A imersão das peças neste tanque, não pode ultrapassar os 20 minutos.

A análise em laboratório é efetuada quinzenalmente e o parâmetro controlado é a percentagem de alcalinidade na solução. Para se considerar um banho apto para lavagem os valores de percentagem de alcalinidade devem estar entre 12% e 20%.

## 3.2 PROCESSOS

### 3.2.1 Limpeza a 4 passos [5]

As peças ao entrarem nesta etapa de limpeza, deverão encontrar-se desprovidas de contaminantes sólidos e gorduras de origem mineral ou orgânica. A garantia desta premissa irá permitir uma etapa de remoção de óxidos muito mais eficaz e eficiente e uma menor degradação do agente químico ativo existente nas soluções removedoras de óxidos.

A sequência de produtos utilizados nesta sequência são:

**Cee Bee J-84L → Turco Scale Gon #5 → Cee Bee J88 → Turco 4409**

1 ciclo de limpeza leva no mínimo 2 horas a ser efetuado. Se a peça em questão continuar a mostrar sinais de contaminação, será necessário efetuar outro ciclo completo.

Utilizando como Óxido de Crómio ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) como óxido a remover, a remoção seguirá as seguintes reações [5]:

#### 1. Limpeza/remoção alcalina a quente

Turco 4181 (40 minutos de imersão) → Hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ )



Figura 3.1 - Reação de óxido de crómio em presença de hidróxido de sódio

#### 2. Limpeza/remoção ácida a quente

Turco Scale Gon #5 (20 minutos de imersão) → ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) + citrato de amónia ( $(\text{NH}_4)_2\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_7$ ).



Figura 3.2 - Reação de complexação de óxido de crómio em presença de citrato de amónia

### 3. Limpeza/oxidação alcalina a quente

Cee Bee J88 (40 minutos de imersão) → permanganato de potássio ( $\text{KMnO}_4$ ) + hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ).

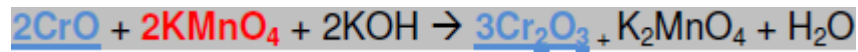


Figura 3.3 - Reação de óxido de crômio em presença de permanganato de potássio

### 4. Limpeza ácida à temperatura ambiente

Turco 4409 (5 minutos de imersão) → ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )

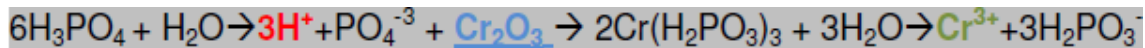


Figura 3.4 - Reação de óxido de crômio em presença de ácido fosfórico

A figura 3.5 ilustra detalhadamente todo o processo:



Figura 3.5 - Processo detalhado da limpeza a 4 passos [5]



### 3.2.2 Limpeza e remoção de óxidos em ligas de titânio

Antes de ser efetuada qualquer tipo de imersão, as peças de titânio devem estar desprovidas de qualquer tipo de óleos e gorduras.

A limpeza de óxidos em ligas de titânio consiste apenas na imersão, durante 20 minutos, das peças contaminadas. O processo é terminado com água desionizada e deixada secar à temperatura ambiente (figura 3.6) [5].



Figura 3.6 - Processo detalhado da limpeza de remoção de óxidos [5]



# 4 SUPERVISÃO DOS PROCESSOS DE LIMPEZA

De modo a realizar os objetivos propostos no âmbito deste trabalho, foi efetuada um acompanhamento dos processos de limpeza.

O objetivo inicial consistia em realizar a supervisão de um motor completo, desde a sua entrada à secção de limpeza, à sua saída, verificando todos os processos efetuados.

Antes do início da supervisão foram definidos os pontos críticos a ter mais atenção:

- Tempo decorrido do início ao fim da limpeza;
- Se os procedimentos eram cumpridos pelos técnicos;
- Equipamento utilizado para a limpeza das peças;
- Histórico dos banhos químicos e respetivas concentrações das espécies ativas de limpeza;
- A contaminação inicial e final.

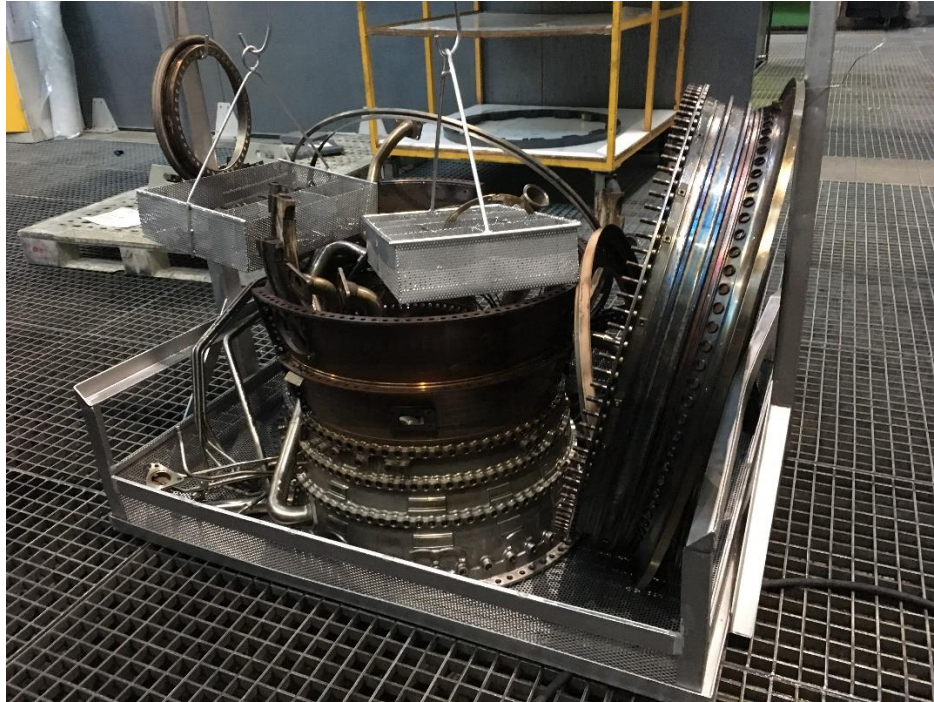
Findada uma semana, percebeu-se que o acompanhamento de um motor completo não seria exequível, devido à continuação dos trabalhos do mesmo motor ao longo das 16 horas laborais (dividida por 2 turnos).

Definiu-se então um novo objetivo. Uma vez, que as peças que continham como contaminantes óleos, gorduras e semi-sólidos eram processadas manualmente e com os requisitos e procedimentos todos cumpridos, o foco seria os processos que tinham como contaminantes, sólidos (óleos carbonizados ou carvões, produtos de corrosão, óxidos de alta temperatura).

Os processos mais importantes na limpeza dos contaminantes sólidos são a Limpeza a 4 passos (remoção de óxidos formados a baixas e altas temperaturas) e a limpeza e remoção de óxidos em ligas de titânio.

Iniciou-se então a supervisão, com os pontos críticos a ter em atenção do objetivo inicial a manterem-se.

1. As peças dão entrada no setor de limpeza e os técnicos procedem à verificação do manual para seguirem os procedimentos necessários;
2. Depois de escolhido o processo (limpeza a 4 passos), as peças são dispostas nos cestos, com o cuidado de as dispor de modo a não haver danos entre elas (figura 4.1).



*Figura 4.1 - Set de várias peças antes do início do processo de lavagem*

3. O set de peças começa o processo de limpeza, com imersão no tanque 1 (Cee Bee J-84L) durante 40 minutos;
4. Depois dos processos de enxaguamento (jato de água, imersão em água à temperatura ambiente e jato de água novamente), o set é imerso no tanque 3 (Scale Gon#5) durante 20 minutos.
5. Findado os 20 minutos, há novo processo de enxaguamento. A figura 4.2 demonstra o estado das peças após estes processos.





*Figura 4.2 - Set peças depois da imersão nos Tanque 1 (Cee Bee J-84L) e Tanque 3 (Scale Gon #5)*

6. Durante 40 minutos o set é imerso no tanque 5 (Cee Bee J88) e submetido a novo processo de enxaguamento (Figura 4.3).



*Figura 4.3 - Set de peças depois da imersão nos Tanque 5(Cee Bee J88)*



7. Finalmente é imerso no tanque 7 (turco 4409), durante 5 minutos e leva o último processo de enxaguamento com a adição de imersão em água aquecida. (Figura 4.4)



*Figura 4.4 - Set de peças depois da imersão no tanque final (Turco 4409)*

8. As peças são submetidas a um processo de secagem em estufa.
9. Depois da secagem em estufa as peças são submetidas a um controlo de qualidade para puderem ser aptas para os próximos processos de reparação. Quando são consideradas aptas, são postas etiquetas para seguirem a próxima etapa (figura 4.5).



*Figura 4.5 - Carter frontal pronto para o próximo processo de manutenção*

No que diz respeito à limpeza e remoção de óxidos em ligas de titânio, durante o tempo em que houve acompanhamento só se verificou a limpeza de *escapes* e de *fan blades*. A limpeza dos *escapes* é apenas submetida a uma imersão, durante 20 minutos, no tanque 11 (turco 4181L), depois enxaguada com água desionizada e secagem a temperatura ambiente. O processo está representado nas figuras 4.6 e 4.7:



*Figura 4.6 - Escape antes do processo de limpeza*



*Figura 4.7 - Escape depois da imersão no Tanque 11 (Turco 4181L)*





## 5 DIAGRAMA CAUSA E EFEITO

Realizada a supervisão e familiarização dos processos de limpeza, o passo seguinte foi identificar e verificar se os pontos críticos, enumerados no capítulo anterior, eram realmente problemáticos e caso se verificasse, descobrir as suas causas.

O Diagrama de cauda e efeito, também designado de diagrama de *Ishikawa*, tem como finalidade a identificação das causas de problemas que devem ser resolvidos através de representação gráfica [14].

O diagrama foi elaborado através de reuniões de *brainstorming*, onde estiveram presentes os orientadores da tese, os técnicos da secção de limpeza, pela engenheira e analistas responsáveis pelas análises em laboratório. Na figura 5.1 são enunciadas as relações causa e efeito que contribuem para os problemas da secção de limpeza.

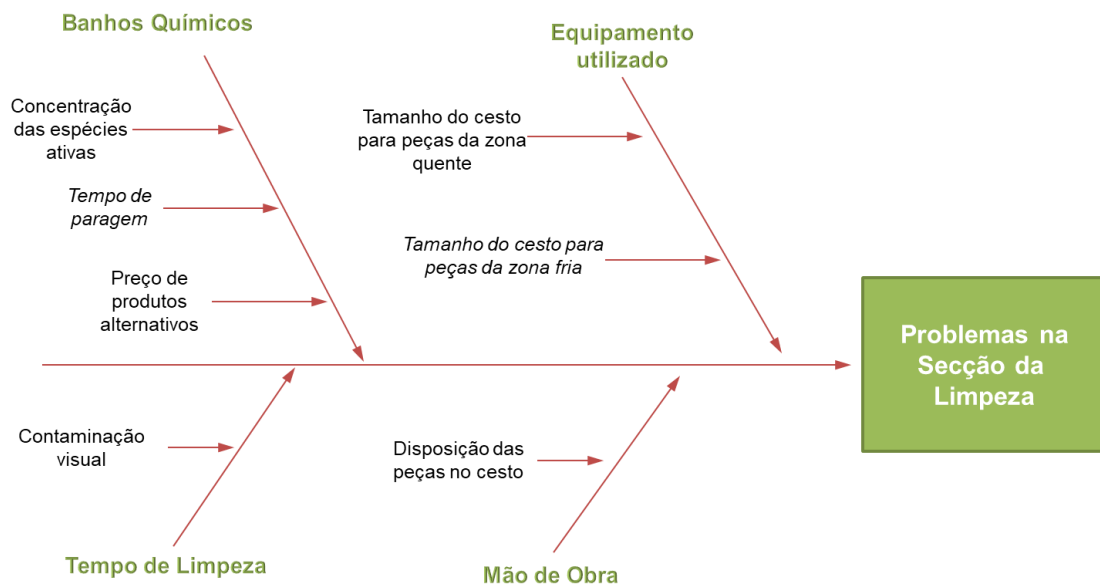


Figura 5.1 - Diagrama Causa Efeito dos problemas da secção de limpeza



## 6 PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste capítulo são apresentadas as causas dos problemas mais críticos, enunciados no diagrama causa e efeito, e as respectivas propostas de melhorias.

### 6.1 BANHOS QUÍMICOS

Sendo estes o principal meio de limpeza para remoção dos contaminantes mais comuns na aviação, a sua eficiência é de maior importância.

As causas encontradas para o seu mau funcionamento foram a concentração das espécies ativas e o tempo de paragem dos banhos quando as concentrações estão fora dos limites estipulados pelo manual. Também em termos de reduzir custos para a empresa, foram estudados os preços dos produtos alternativos recomendados pelo manual.

#### 6.1.1 Concentração de espécies ativas e tempos de paragem

Como já foi referido no capítulo 4, todos os meses os tanques são analisados para aferir a “saúde” das soluções. Através dos históricos das análises realizadas em 2016 e 2017 pode-se aferir as causas e partir destas, as respectivas propostas de melhoria.

#### Tanque 1 – Cee Bee J-84AL

Através dos dados recolhidos das análises de 2016 e 2017, foi possível contruir os gráficos representados nas figuras 6.1 e 6.2:

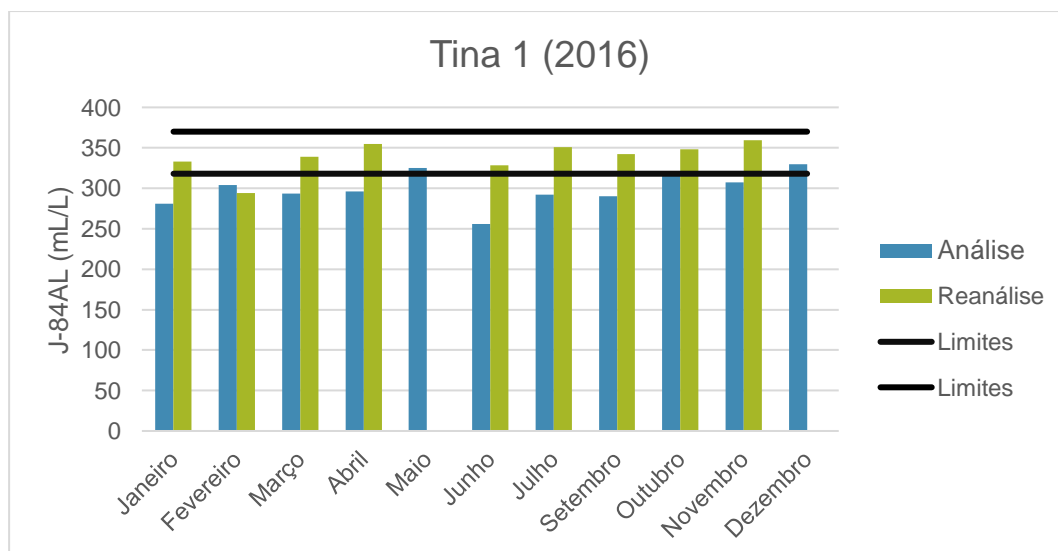


Figura 6.1 - Concentração de J.84AL ao longo do ano de 2016

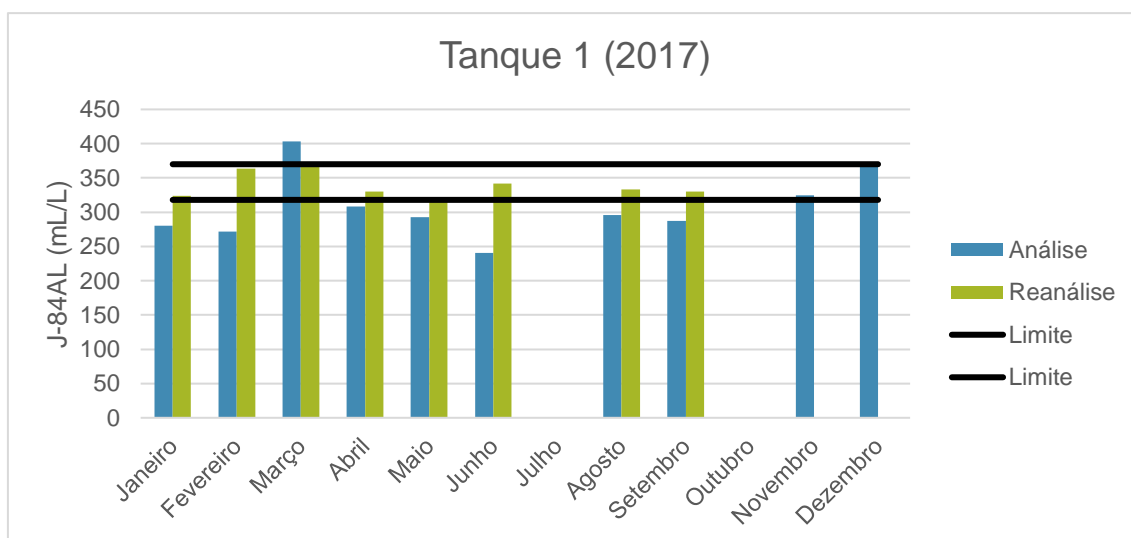


Figura 6.2 - Concentração de J.84AL ao longo do ano de 2017

Ao analisar os gráficos das figuras 6.1 e 6.2, pode-se verificar que a análise mensal, na maioria das vezes, tem valores de concentração fora dos limites para uma limpeza completa. Avaliado o desvio do parâmetro, são definidas as ações de correção à solução, que passará pela adição de J-84L, quando os valores de concentração estão abaixo do limite e a adição de água quando os valores de concentração estão demasiado altos. O tanque não pode ser utilizado até nova reanálise.

O período de nova reanálise pode ir de 5 a 10 dias, quando há adição de produto e 1 a 3 dias quando há adição de água. Durante este tempo os processos de lavagem ficam parados.

Verificados estes pressupostos, uma concentração acima do limite, ainda que não ideal, é mais vantajosa que uma concentração abaixo do limite, muito devido ao tempo de paragem de trabalhos do banho.

A proposta de melhoria visa por adicionar a meio de casa mês uma certa quantidade de produto, para que na próxima análise a concentração nunca esteja abaixo do limite. No pior dos casos a concentração estará acima do limite e o tempo de paragem será muito menor que se estiver abaixo.

Para definir a quantidade de produto, foi calculada a quantidade média anual de produto utilizado na correção do banho. As tabelas 6.1 e 6.2 apresentam os valores.

*Tabela 6.1 - Consumo mensal e média de J-84AL em Litros 2016*

	2016	Média
Janeiro	200	128,33
Fevereiro	210	128,33
Março	170	128,33
Abril	170	128,33
Maio	0	128,33
Junho	260	128,33
Julho	170	128,33
Agosto	0	128,33
Setembro	160	128,33
Outubro	70	128,33
Novembro	130	128,33
Dezembro	0	128,33

*Tabela 6.2 - Consumo mensal e média de J-84AL em Litros 2017*

	2017	Média
Janeiro	200	135
Fevereiro	230	135
Março	200	135
Abril	300	135
Maio	120	135
Junho	300	135
Julho	0	135
Agosto	120	135
Setembro	150	135
Outubro	0	135
Novembro	0	135
Dezembro	0	135

Tendo por base a hipótese dos efeitos compensados, ou seja, os fatores que determinaram a evolução do consumo no passado manter-se-ão no futuro, o seu efeito médio continuará a ser o mesmo que no passado.

Propõe-se então que se adicione cerca de 100 Litros de J-84L a meio de cada mês. A concentração nunca ficará abaixo do limite e mesmo que fique acima a paragem de serviço é muito menor.

Além desta proposta, sugere-se o aumento de análise de mensal para quinzenal. Uma análise quinzenal é muito menos propícia a desvios dos limites.

### Tanque 3 – Scale Gon #5

Através dos dados recolhidos, construi-se os gráficos representados nas seguintes figuras:

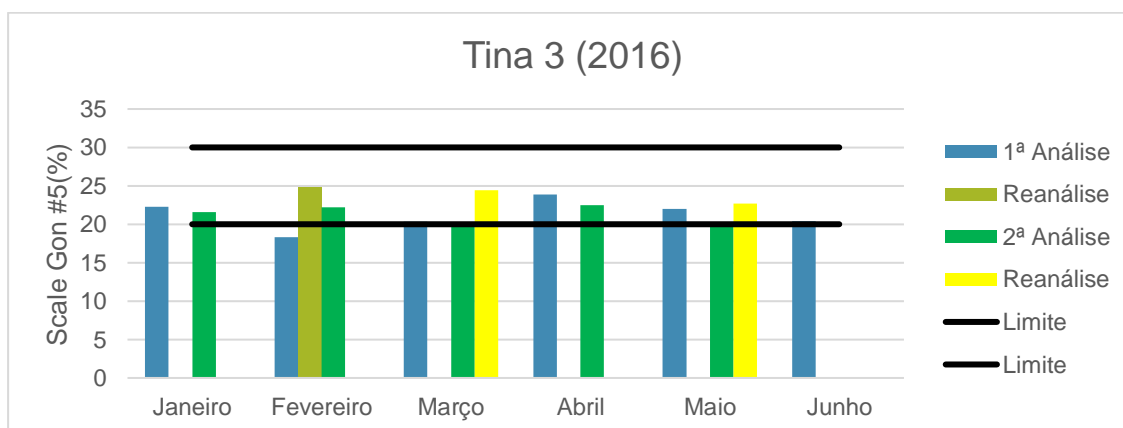


Figura 6.3 - Percentagem de acidez de Scale Gon#5 ao longo de janeiro a junho 2016

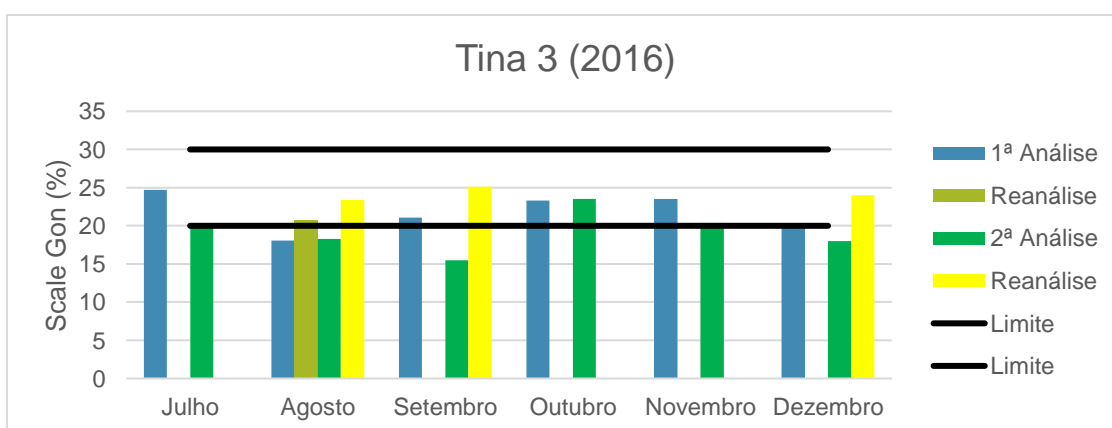


Figura 6.4 - Percentagem de acidez de Scale Gon#5 ao longo de julho a dezembro 2016

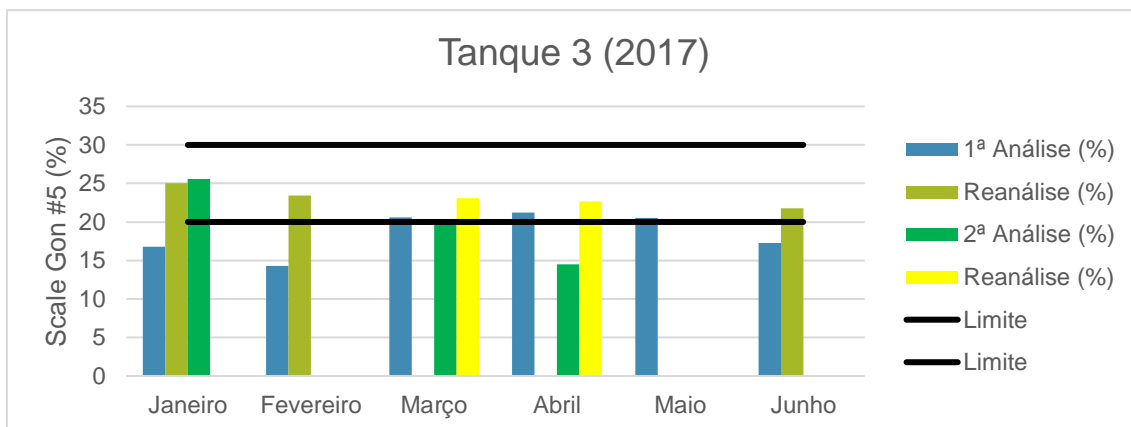


Figura 6.5 - Percentagem de acidez de Scale Gon#5 ao longo de janeiro a junho 2017

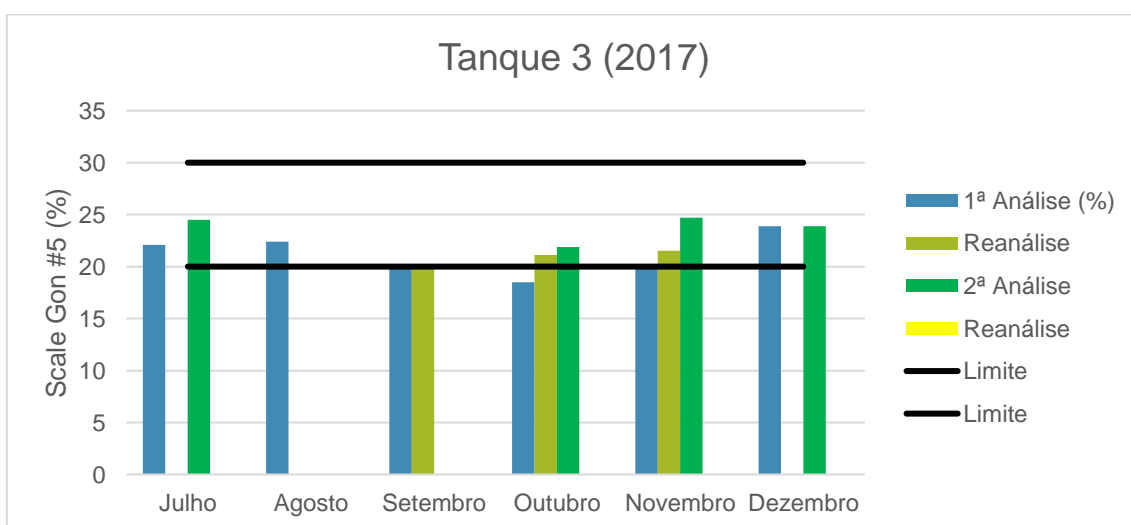


Figura 6.6 - Percentagem de acidez de Scale Gon#5 ao longo de julho a dezembro 2017

Ao verificarmos os gráficos das figuras 6.3, 6.4, 6.5 e 6.6, verifica-se que em termos de valores de acidez, também estão, na maioria das vezes abaixo do valor limite. Tal como acontece no Tanque 1, os dias que o banho tem de parar para a reanálise são iguais.

A solução passa pelo mesmo, calcular a quantidade média anual de produto utilizado na correção do banho e adicionar uma aproximação a meio de cada mês.

Os valores estão apresentados nas tabelas 6.3 e 6.4.

*Tabela 6.3 - Consumo mensal e média de Scale Gon 5 em Litros 2016*

	2016	Média
Janeiro	0	150
Fevereiro	400	150
Março	200	150
Abril	0	150
Maio	200	150
Junho	0	150
Julho	0	150
Agosto	400	150
Setembro	400	150
Outubro	0	150
Novembro	0	150
Dezembro	200	150

*Tabela 6.4 - Consumo mensal e média de Scale Gon 5 em Litros 2017*

	2017	Média
Janeiro	300	154,17
Fevereiro	300	154,17
Março	100	154,17
Abril	300	154,17
Maio	0	154,17
Junho	250	154,17
Julho	200	154,17
Agosto	0	154,17
Setembro	0	154,17
Outubro	200	154,17
Novembro	200	154,17
Dezembro	0	154,17

Propõe-se então adicionar cerca de 120 litros de Scale Gon#5 a meio de cada mês, para os valores estarem mais controláveis.

Como a análise dos parâmetros deste produto já é quinzenal, não é necessário fazer qualquer tipo de alteração.



## Tanque 5 – J88 e Tanque 11 – Turco 4181L

Uma vez que pelos gráficos do Tanque 5 se chegam às mesmas conclusões do Tanque 1, os gráficos de análise e as tabelas de consumo mensal e média anual, encontram-se em Anexo III.

As conclusões auferidas pelo Tanque 11 são semelhantes ao Tanque 3. Os gráficos de análise e as tabelas de consumo mensal e média anual do Tanque 11 encontram-se em Anexo IV.

## Tanque 7 – Turco 4409

Os dados recolhidos, estão representados nos gráficos das figuras 6.7 e 6.8:

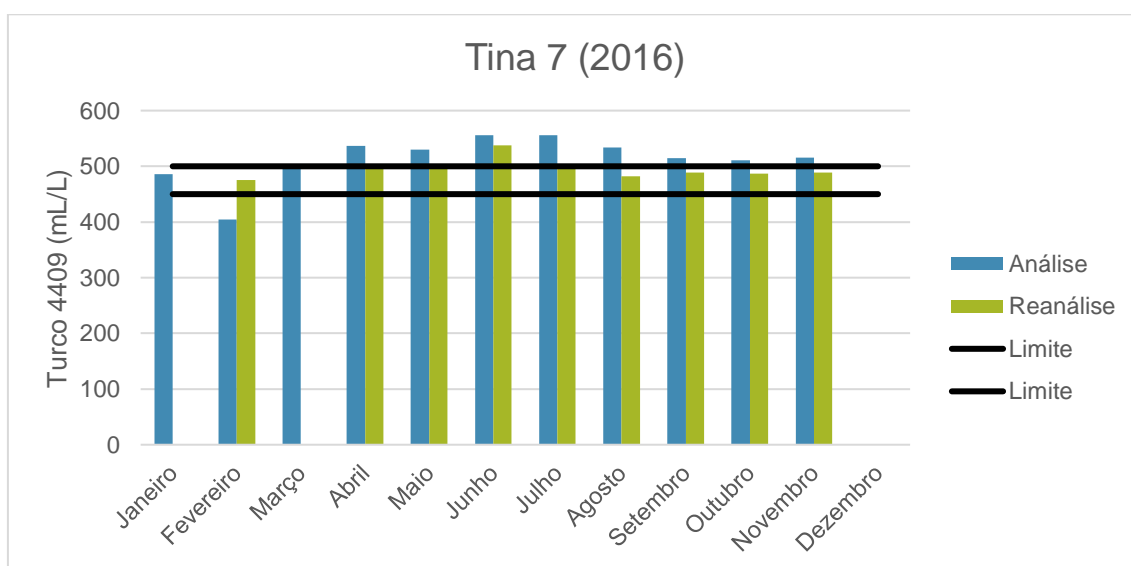


Figura 6.7 - Concentração de Turco 4409 ao longo do ano de 2016

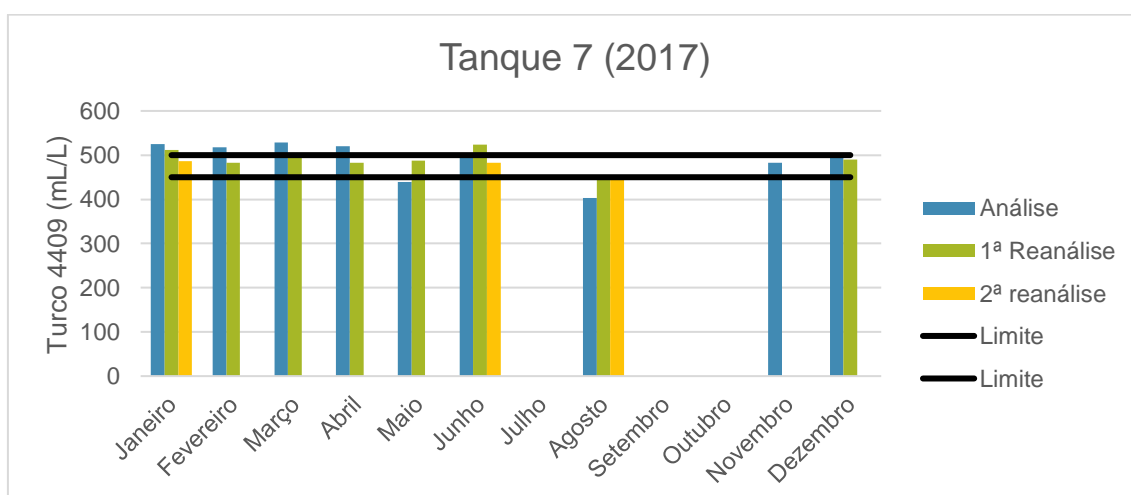


Figura 6.8 - Concentração de Turco 4409 ao longo do ano de 2017

Ao analisar os gráficos das figuras 6.7 e 6.8, aufer-se que, ao contrário do que acontece com os outros tanques, os valores de concentração estão sempre acima do limite. Uma das possíveis razões para tal acontecer, pode-se dever ao pouco tempo de imersão que as peças estão

sujeitas (máximo de 5 minutos). É uma teoria difícil de provar e, portanto, para este tanque nada se pode concluir e dessa forma não há melhoria possível.

A tabela 6.5, resume as melhorias propostas para uma implementação futura.

*Tabela 6.5 - Melhorias para futura implementação*

	Quantidade a adicionar a meio do mês	Periodicidade de análise
Tanque 1 – J84AL	100 Litros	Mudar de mensal para quinzenal
Tanque 3 – Turco Scale Gon #5	120 Litros	Mantém quinzenal
Tanque 5 – J88	20 Kg	Mudar de mensal para quinzenal
Tanque 11 – Turco 4181L	50 Litros	Mantém quinzenal

### 6.1.2 Preços de Produtos Alternativos

De forma a minimizar os custos nos produtos de limpeza, foram estudados produtos alternativos aos usados atualmente. O manual dispõe uma lista de produtos que podem ser utilizados de igual forma. Foi então escolhido 1 produto alternativo por cada tanque, expeto para o tanque 5 que foi recentemente mudado, não necessitando de outra mudança e para o tanque 7, onde a correção passava maioritariamente por adicionar água, não havendo dados suficientes para este estudo.

Uma vez escolhidos os produtos alternativos, contactou-se os fornecedores, para pedir a cotação do produto no mercado.

Devido ao facto de se comparar 2 produtos com a mesmas características e finalidade, este estudo vai-se basear na quantidade de produto adicionada aquando a correção e depois essa quantidade adicionada é multiplicada pela cotação no mercado. Se a diferença entre o produto atual e o produto alternativo for positiva, o produto alternativo é uma escolha viável para mudança. Se for negativa o produto atual não necessita de mudar.

## Tanque 1 – Cee Bee J-84AL vs turco 4181L

Como já foi referido no capítulo 4, o cee bee J-84L e o turco 4181L são produtos com características semelhantes, mas de fornecedores diferentes.

Um facto a ter em atenção, é o uso do aditivo Go-2 aquando a correção dos níveis de cee bee J-84L. Portanto é mais um custo a acrescentar.

A tabela 6.6 enuncia os valores por litro dos diferentes produtos e as tabelas 6.7 e 6.8 os consumos de J-84AL e Go-2 anuais.

*Tabela 6.6 - Preço por litros dos diferentes produtos*

	J-84AL	Go-2	Turco 4181L
Preço (€/L)	2,7	2,39	2,61

*Tabela 6.7 - Consumo de J-84AL e Go-2 em 2016*

	J-84AL (L)	Go-2 (L)
Janeiro	200	45
Fevereiro	210	50
Março	170	45
Abril	170	55
Maio	0	0
Junho	260	40
Julho	170	45
Agosto	0	0
Setembro	160	45
Outubro	70	0
Novembro	130	45
Dezembro	0	0
Somatório	1540	370

*Tabela 6.8 - Consumo de J-84AL e Go-2 em 2017*

	J-84AL (L)	Go-2 (L)
<b>Janeiro</b>	200	50
<b>Fevereiro</b>	230	40
<b>Março</b>	200	50
<b>Abril</b>	300	50
<b>Maio</b>	120	45
<b>Junho</b>	300	40
<b>Julho</b>	0	0
<b>Agosto</b>	120	50
<b>Setembro</b>	150	0
<b>Outubro</b>	0	0
<b>Novembro</b>	0	0
<b>Dezembro</b>	0	0
<b>Somatório</b>	<b>1620</b>	<b>325</b>

No ano de 2016 foram usados 1540 litros de J-84L e 370 litros de Go-2, perfazendo um custo de 4158€ e 884€ respetivamente, totalizando um custo de 5042€.

O turco 4181L não necessita de nenhum aditivo para o seu correto funcionamento, portanto é multiplicado apenas pela quantidade de J-84L usada, perfazendo um total de 4019€.

Subtraindo o custo do produto atual (5042€) pelo custo do produto alternativo (4019€) dá uma diferença de 1023€.

No ano de 2017 foram usados 1620 litros de J-84L e 325 litros de Go-2, perfazendo um custo de 4374€ e 776€ respetivamente, totalizando um custo de 5150€.

O custo turco 4181L foi de 4228€.

Subtraindo o custo do produto atual (5150€) pelo custo do produto alternativo (4228€) dá uma diferença de 922€.

A tabela 6.9 resume o que foi calculado:

*Tabela 6.9 - Comparação de preços em 2016 e 2017*

	J-84AL+Go2	Turco 4181L	Diferença
<b>Custo 2016 (€)</b>	5042	4019	<b>1023</b>
<b>Custo 2017 (€)</b>	5150	4228	<b>922</b>

Deste modo a troca do J-84AL pelo Turco 4181L é vantajosa não só em termos económicos como também facilita uniformiza o uso de Turco 4181L para os tanques 1 e 11.

### Tanque 3 – Scale Gon #5 vs Cee Bee J3

A mesma lógica foi aplicada para a comparação entre o Scale Gon #5 (atual) e o Cee Bee J3 (alternativo).

As tabelas 6.10, 6.11, 6.12 e 6.13 indicam respectivamente o preço por litro, o consumo em 2016, o consumo em 2017 e a comparação final.

*Tabela 6.10 - Preço por litros dos diferentes produtos*

	Turco Scale Gon #5	Cee Bee J3
Preço (€/L)	4,49	4,62

*Tabela 6.11 - Consumo de Turco Scale em 2016*

Turco Scale #5	
Janeiro	0
Fevereiro	400
Março	200
Abril	0
Maio	200
Junho	0
Julho	0
Agosto	400
Setembro	400
Outubro	0
Novembro	0
Dezembro	200
Somatório	<b>1800</b>

*Tabela 6.12 - Consumo de Turco Scale em 2017*

Turco Scale #5	
Janeiro	300
Fevereiro	300
Março	100
Abril	300
Maio	0
Junho	250
Julho	200
Agosto	0
Setembro	0
Outubro	200
Novembro	200
Dezembro	0
<b>Somatório</b>	<b>1850</b>

*Tabela 6.13 - Comparação de preços em 2016 e 2017*

	Turco Scale Gon #5	Cee Bee J3	Diferença
<b>Custo 2016 (€)</b>	8306	8547	<b>-241</b>
<b>Custo 2017 (€)</b>	8082	8316	<b>-234</b>

O valor negativo evidencia que a substituição do produto atual não é economicamente viável, logo não é necessária a mudança de produto.

## 6.2 EQUIPAMENTO UTILIZADO

A área dos cestos dita o número de peças possíveis para imersão. Os cestos atuais (figura 6.9) não tomam partido da área disponível no tanque. Apenas usam a área até à linha vermelha representada na figura 6.10.



*Figura 6.9 - Cesto de limpeza de imersão*



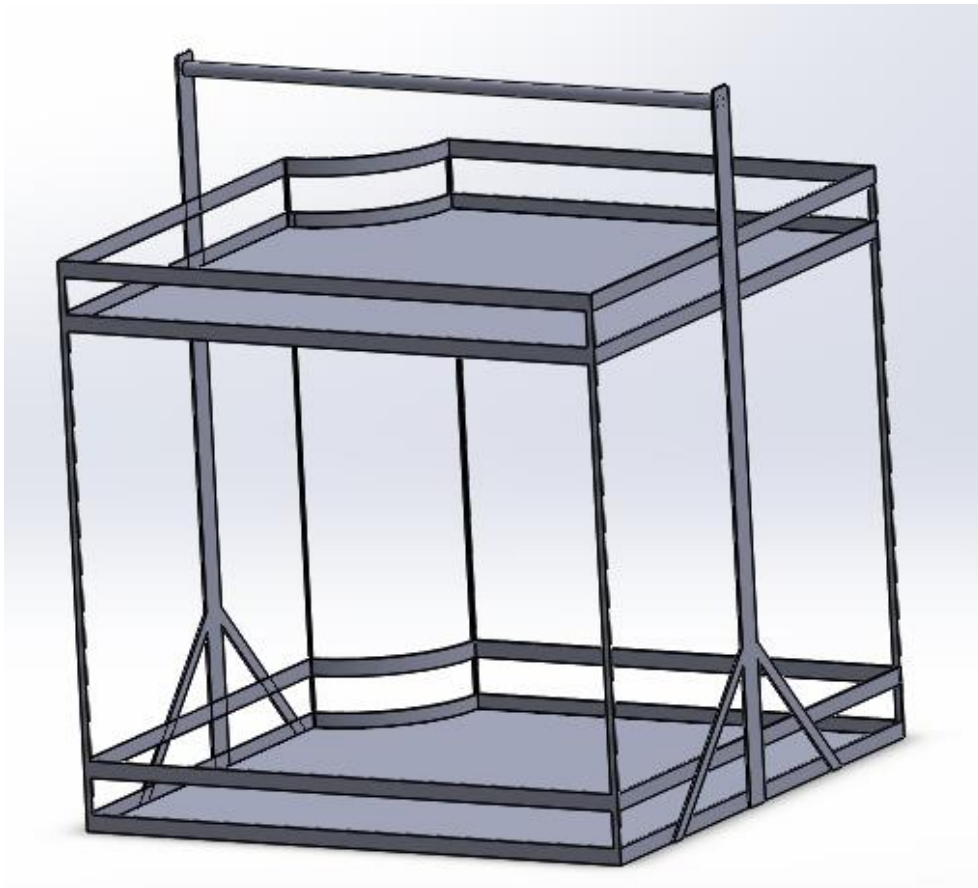
*Figura 6.10 - Área utilizada para os cestos de imersão*

### **6.2.1 Cesto para peças da zona quente**

Os cestos atuais não conseguem dar uso à área total do tanque. Para contornar esse problema, foi desenvolvido um esboço de um cesto que para além de cobrir o máximo da área do tanque, adiciona uma nova prateleira, para aumentar a número de peças em trabalho de limpeza. A disposição da altura da segunda prateleira foi elaborada tendo em mente as peças de maior altura.

O esboço foi feito com o auxílio do programa *Solid Works*. O esboço usou como medidas de referência o tamanho do cesto atual e as medidas do tanque e respetivo agitador. O cesto deverá ser inteiramente constituído por aço inox para conseguir suportar todos os banhos a que é sujeito. Os esboços estão representados nas figuras 6.11 e 6.12:





*Figura 6.11 - Esboço 3D do novo cesto para peças das zona quente*



### 6.2.2 Cesto para peças da zona fria

O mesmo cesto que é usado para imersão de peças da zona quente, é usado para as peças da zona fria.

Um motor contém 36 *fan blades*. O cesto atual apenas consegue a limpeza de 11 *fan blades* (figura 6.13) simultaneamente, obrigando a que faça 4 ciclos de limpeza de 20 minutos.

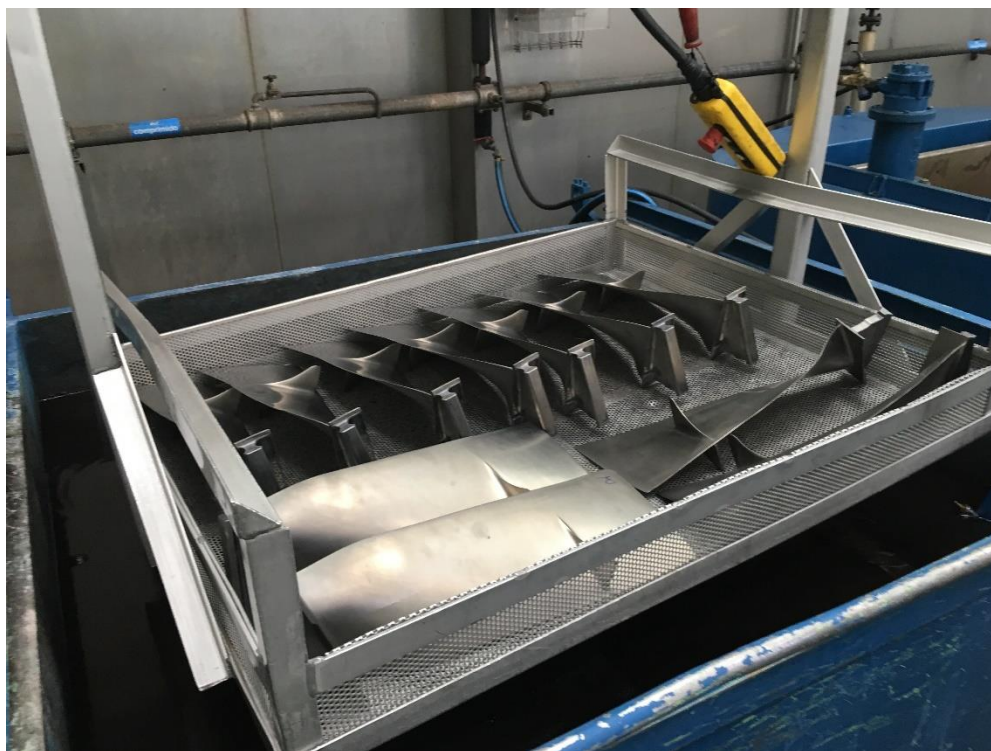


Figura 6.13 - Disposição das *fan blades* nos cestos atuais

De forma a efetuar a limpeza em apenas 1 ciclo, foi esboçado um cesto para uso exclusivo de limpeza de *fan blades* (ligas de titânio). Este cesto terá as mesmas dimensões que o cesto esboçado para as peças de zona quente, mas terá mais uma prateleira totalizando 3. Cada prateleira terá área suficiente para conter 12 *fan blades*. A tabela 6.14, compara os tempos de limpeza das *fan blades* nos dois cestos.

Tabela 6.14 - Comparação dos tempos de limpeza entre o cesto normal e o cesto com 3 prateleiras

Tempo de limpeza de 36 <i>fan blades</i>	
Cesto atual	(10 min (limpeza física) 5 min (colocar no cesto) + 20 min (limpeza química)) * 4 ciclos = <b>2 Horas e 20 minutos</b>
Cesto com 3 prateleiras	10 min (limpeza física) + 5 min (colocar no cesto) + 20 min (limpeza química) = <b>35 minutos</b>

Em termos de material será em todo semelhante ao material usado pelo cesto para peças da zona quente.

Os esboços do cesto (realizados com o auxílio do programa *Solid Works*) estão representados nas figuras 6.14 e 6.15:



*Figura 6.14 - Esboço 3D do novo cesto para peças da zona fria*

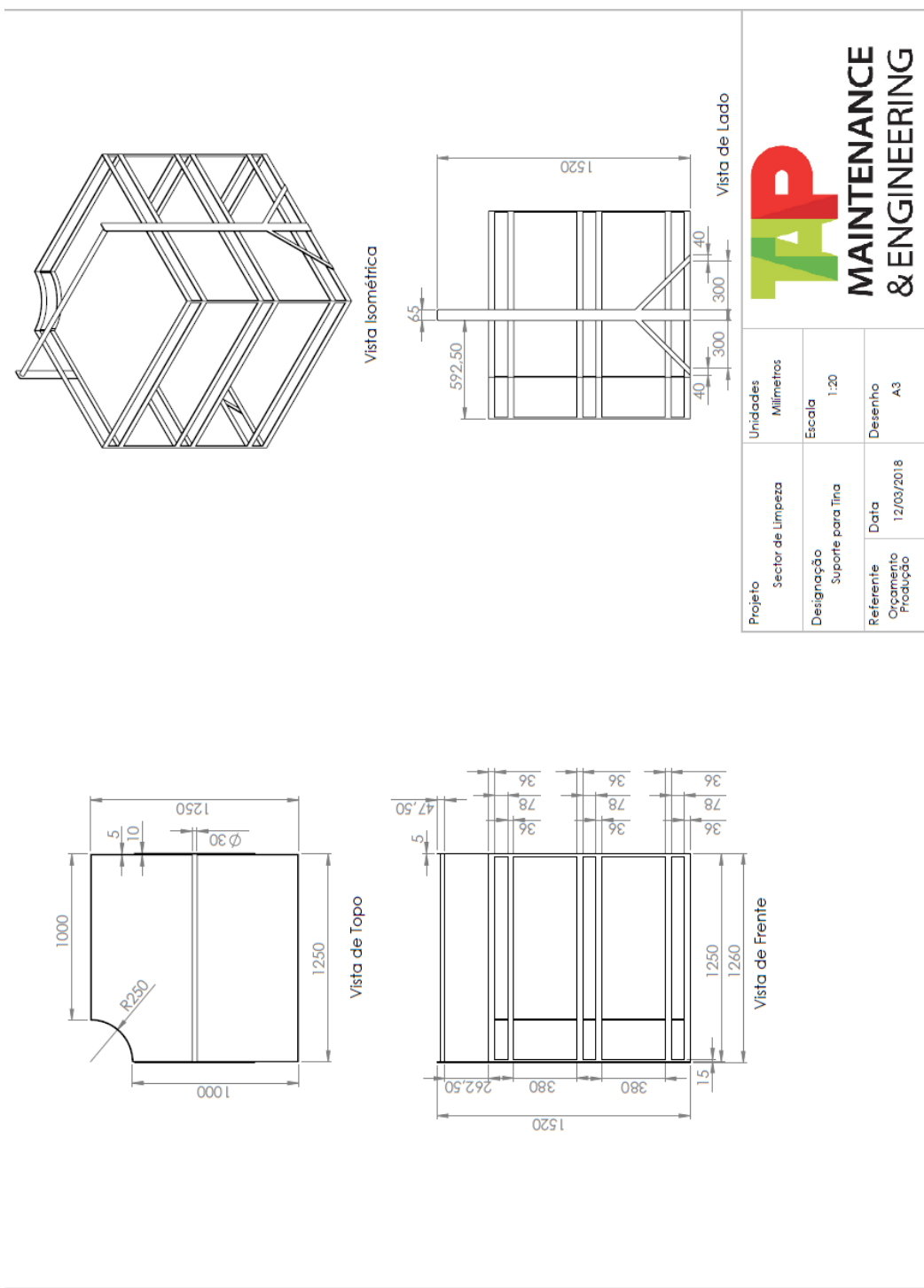


Figura 6.15 - Valores das medidas do cesto para peças da zona fria

### 6.3 TEMPO DE LIMPEZA

Uma vez terminada a supervisão do processo de limpeza, verificou-se que qualquer tempo de tempo de limpeza está diretamente relacionado com a contaminação das peças.

Temos o exemplo do conjunto de peças da figura 6.16.



*Figura 6.16 - Conjunto de peças antes do começo do processo de limpeza*

Este conjunto precisou apenas de 1 ciclo (cerca de 2 horas) para ser completamente limpo.

Enquanto peças da figura 6.17, podem levar 2 a 4 ciclos para serem consideradas para a próxima etapa de manutenção.



*Figura 6.17 - Conjunto de peças antes de entrar em processo de limpeza*

Concluindo, o tempo de lavagem não é possível controlar, pois depende sempre do nível de contaminante existente nas peças à entrada da oficina.



## 6.4 MÃO DE OBRA

Apesar de seguirem todos os procedimentos presentes no manual, os técnicos têm tendência a negligenciar a disposição das peças. Ou devido a ordens superiores para acelerar as peças para o próximo passo ou para “avançar” trabalho.

Este processo não pode ser ignorado porque peças mais frágeis em contactos com peças mais robustas podem provocar danos irreparáveis às respetivas peças, levando à completa destruição da peça e portanto mais custos associados.

A proposta para este problema será em implementar uma pequena ação de formação aos técnicos com a criticidade que cada tem peça tem em relação a outras peças.




Para tal, foi criada uma escala que segue a seguinte forma:

- A – Peça frágil;
- B – Peça normal;
- C – Peça robusta.

Uma peça do tipo A não pode ser posicionada com uma peça do tipo C e vice-versa. As peças do tipo B podem ser posicionadas com qualquer peça.

Fez-se então um exemplo de uma listagem para exemplificar uma verdadeira.

A listagem encontra-se especificada na figura 6.18.

Peça	Criticidade
 <p data-bbox="411 548 611 589"><b>Retaining rings</b></p>	<p data-bbox="1010 286 1150 427"><b>A</b></p>
 <p data-bbox="443 929 579 969"><b>Inner cowl</b></p>	<p data-bbox="1010 645 1134 786"><b>B</b></p>
 <p data-bbox="419 1321 603 1361"><b>Carter frontal</b></p>	<p data-bbox="1010 1025 1134 1167"><b>C</b></p>

*Figura 6.18 - Exemplo de uma listagem de criticidade das peças*

Com a implementação da melhoria dos cestos de imersão, a disposição das peças será menos problemática, uma vez que com a adição de uma prateleira extra, poderá ser colocada peças do A numa prateleira e peças do tipo C noutra, evitando o dano de peças.



## 7 CONCLUSÃO

Os estudos realizados, juntamente com as propostas de melhorias feitas, surgem da crescente importância dos processos de limpeza no início dos trabalhos de manutenção e engenharia da TAP. As conclusões alcançadas, visam a implementação de propostas para a otimização dos processos de limpeza. Os desvios dos níveis de concentração dos produtos de limpeza de imersão surgem como problemática inicial. Problemática esta, que impossibilita a continuação dos trabalhos de limpeza até à normalização dos níveis de concentração.

Com o objetivo de identificar os pontos críticos, em primeiro lugar fez-se o acompanhamento dos processos de limpeza. Depois de identificados os pontos críticos, foram identificadas as causas.

Foram identificadas como principais causas: a concentração dos agentes ativos e respetivos tempos de paragem, o preço de produtos alternativos, o tamanho do cesto para peças da zona quente e fria, o tempo de limpeza e a disposição de peças no cesto.

Para reduzir os tempos de paragem, foi proposta a adição de uma certa quantidade a meio do mês em todas as tinas, expeto a tina 7 (Turco 4409) sem resultados conclusivos. O aumento da periodicidade das análises realizadas foi outro fator proposto para melhoria.

Em termos de mudança de produto, verificou-se que só é economicamente viável a mudança do tanque 1 de Cee Bee J-84AL para Turco 4181L, onde pode haver uma poupança anual de cerca de 1000€.

Devido ao facto de o cesto utilizado não fazer máximo uso da área do tanque, limpeza de um maior número de peças simultaneamente é impossível. Para tal foi esboçado um cesto com 2 prateleiras e com uso total da área do tanque. Foi criado um cesto com 3 prateleiras exclusivamente para a limpeza das *fan blades* de titânio. Permitindo a limpeza de um conjunto destes (36 *fan blades*) num só ciclo.

A resolução da problemática do tempo de limpeza não foi possível solucionar, visto que o tempo de limpeza está diretamente relacionado com a contaminação da peça, algo que é impossível de controlar.

Quanto à disposição de peças por parte dos técnicos, a proposta é realizar uma ação de formação com uma listagem de peças e a sua criticidade quando em contacto com outras peças. Esta ação aliada aos novos cestos de imersão, poderão melhorar as práticas de manuseamento de peças.



## 8 TRABALHO FUTURO

Na sequência do que foi apresentado nesta dissertação, surgiram algumas questões que podem ser temas de estudo para o futuro:

- Validação das propostas implementadas

Este estudo teria como objetivo a validação das propostas implementadas no seguimento desta dissertação. Determinar se as mudanças propostas melhoraram, de facto, os processos de limpeza. Tanto a níveis de concentração do banho continuam e os seus desvios sobre os parâmetros estipulados pelo manual, como a nível de disposição de peças nos novos cestos.

Este estudo poderia ser reforçado, aplicando uma ferramenta de qualidade, o ciclo PDCA.

- Planeamento da sala de lavagem e respetivos efluentes

Este estudo consistia na remodelação da sala de lavagem para uma melhoria de condições. Para além da compra de novos equipamentos, um dos projetos seria o planeamento da rede de esgotos. Neste momento todos os líquidos seguem a mesma rede de esgotos para a ETAR. O estudo seria criar forma de haver separação dos diferentes tipos de líquidos usados no processo de limpeza manual.

- Automatização do processo de limpeza

Este estudo consistia no planeamento de um sistema automatizado do sistema de limpeza a 4 passos. Deste modo, os técnicos apenas realizavam a disposição das peças no cesto. Os tempos de imersão e os enxaguamentos seguintes seriam todos automatizados.



## 9 BIBLIOGRAFIA

- [1]. “CFM Engines” [Online]. Disponível em <https://www.cfmaeroengines.com/services/maintenance> [Acedido em 17-10-2017].
- [2]. “CFM Maintenance and Engeneering” [Online]. Disponível em [https://www.cfmaeroengines.com/wp-content/uploads/2016/04/CFMEMM\\_2017-12.pdf](https://www.cfmaeroengines.com/wp-content/uploads/2016/04/CFMEMM_2017-12.pdf) [Acedido em 17-10-2017].
- [3]. J. M. Duarte Leite, *CFM56-3 Basic Engine B737-300*, Revisão 3, 1992.
- [4]. “TAP Manutenção e Engenharia” [Online]. Disponível em <http://www.tapportugal.com/Info/pt/sobre-tap/grupo-tap/tap-manutencao-engenharia> [Acedido em 5-11-2017]
- [5]. N. Martins, *Formação em Processos de Limpeza de Peças de Motor*, 2011.
- [6]. Jaschke M, Butt H-J, Gaub HE, Manne S., *Surfactant Aggregates at a Metal Surface. Langmuir*. 1997
- [7]. Tsague L, Tsogo J, Tatietse TT. *Prediction of the production of nitrogen oxide (NOx) in turbojet engines. Atmos Environ*. 2006.
- [8]. C. Dohogne, *Alkaline Bath Removal of Scale from Titanium workpiece*, United States Patent and Trademark Office 3.553.015, 5 de janeiro de 1971
- [9]. “CEE-BEE J84AL” [Online]. Disponível em <http://www.mcgean.com/documents/datasheet/ceebee/DS26036.pdf> [Acedido em 5-12-2017].
- [10]. “Turco Scale Gon #5” [Online]. Disponível em <https://henk0008.home.xs4all.nl/Turco/TURCO%20SCALE%20GON%205.pdf> [Acedido em 5-12-2017].
- [11]. “CEE-BEE J-88” [Online]. Disponível em <http://www.mcgean.com/documents/datasheet/ceebee/DS26016.pdf> [Acedido em 6-12-2017].

- [12]. “Turco 4409” [Online]. Disponível em <https://henk0008.home.xs4all.nl/Turco/TURCO%204409.pdf> [Acedido em 6-12-2017].
- [13]. “Turco 4181L” [Online]. Disponível em [http://www.solvents.net.au/index\\_htm\\_files/4181L%20\(1546533\).pdf](http://www.solvents.net.au/index_htm_files/4181L%20(1546533).pdf) [Acedido em 6-12-2017].
- [14]. Z. Pereira e J. Requeijo. *Qualidade: Planeamento e Controlo Estatístico de Processos.*, Co-edição de FCT - Fundação da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Lisboa e Edição de Livros e Revistas, Lda (Lisboa). 2008.

# ANEXOS

## ANEXO I.

### Tabelas correspondentes aos valores de análise das várias tinas em 2016

*Tabela 10.1 - Concentração de Cee Bee JAL – 2016*

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Análise (mL/L)	280,8	304,3	293,6	296,4	325,3	255,9	292,1	0	290,4	318,4	307,5	329,6
Reanálise (mL/L)	332,9	293,8	339,2	355,1	0	328,2	351	0	342,5	348,1	359,6	0
Limite (mL/L)	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318
Limite (mL/L)	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370

*Tabela 10.2 - Percentagem de acidez Scale Gon #52016*

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Análise (%)	22,3	18,3	20,3	23,9	22	20,4	24,7	18,1	21,1	23,3	23,5	20,3
Reanálise (%)	0	24,8	0	0	0	0	0	20,8	0	0	0	0
Análise (%)	21,6	22,2	20	22,5	19,8	0	20,3	18,3	15,5	23,5	20,4	18
Reanálise (%)	0	0	24,4	0	22,7	0	0	23,4	25,1	0	0	24
Limite (%)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Limite (%)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

*Tabela 10.3 - Concentração Cee Bee J88 2016*

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Análise (g/L)	192,5	188,8	193	186,4	196,8	180,4	181,1	172,8	181,1	186,1	186,1	0
Limite (g/L)	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156
Limite (g/L)	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240

*Tabela 10.4 - Concentração Turco 4409 2016*

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Análise (mL/L)	485,6	404,7	496,6	536,5	530,1	556	556	534,2	514,3	510,6	515,4	0
Reanálise (mL/L)	0	475,6	0	496	499,8	537,8	498,7	482,3	488,9	486,6	488,7	0
Limite (mL/L)	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450
Limite (mL/L)	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500

*Tabela 10.5 - Percentagem de alcalinidade Turco 4181L 2016*

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Análise (%)	11	16,7	15,5	11,4	15,6	12,3	13,1	15,6	13,8	11,6	12,4	8,3
Reanálise (%)	18,4	0	15,75	0	0	0	0	0	0	14,1	0	12,8
Análise (%)	11	14,3	13	14,6	12,5	7,1	11,4	16,9	13	14,7	10,8	0
Reanálise (%)	12,2	0	0	0	0	13,3	16,7	0	0	0	12	0
Limite (%)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Limite (%)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

## ANEXO II.

### Tabelas correspondentes aos valores de análise das várias tinas em 2017

*Tabela 10.6 - Concentração de Cee Bee JAL – 2017*

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Análise (mL/L)	280,4	272	403,3	308,6	293,1	240,5	0	295,7	287,6	0	324,7	369,4
Reanálise (mL/L)	323,5	363,5	365,6	330,4	320,5	341,6	0	333,5	330,2	0	0	0
Limite (mL/L)	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318
Limite (mL/L)	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370

*Tabela 10.7 - Percentagem de acidez Scale Gon #52017*

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Análise (%)	16,8	14,3	20,6	21,2	20,5	17,3	22,1	22,4	19,9	18,5	20	23,9
Reanálise (%)	25	23,4	0	0	0	21,8	0	0	20,1	21,1	21,5	0
Análise (%)	25,6	0	19,9	14,5	0	0	24,5	0	0	21,9	24,7	23,9
Reanálise (%)	0	0	23,1	22,7	0	0	0	0	0	0	0	0
Limite (%)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Limite (%)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

*Tabela 10.8 - Concentração Cee Bee J88 2017*

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Análise (g/L)	219,5	169,3	242,4	215,4	112,8	137,1	0	143,9	0	160,5	0	120,9
Reanálise (g/L)	0	0	224,9	0	211,3	162	0	193,1	0	0	0	233,8
Limite (g/L)	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156
Limite (g/L)	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240

*Tabela 10.9 - Concentração Turco 4409 2017*

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Análise (mL/L)	525,5	517,4	528,2	519,6	439,5	503,6	0	402,7	0	0	482,6	502,2
Reanálise (mL/L)	511,7	483,3	495,4	482,6	487,6	523,9	0	444,2	0	0	0	489,5
Reanálise (mL/L)	486,7	0	0	0	0	482,9	0	451,6	0	0	0	0
Limite (mL/L)	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450
Limite (mL/L)	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500

*Tabela 10.10 - Percentagem de alcalinidade Turco 4181L 2017*

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Análise (%)	13,8	10,4	13,5	9	15	10	12,6	11,2	20,5	14,8	11,8	13,5
Reanálise (%)	0	17,01	0	13,4	0	14,7	0	15,4	17,4	0	14,8	0
Análise (%)	15,1	0	12,9	14,6	12,2	12,8	10,5	0	0	14,5	14,6	13,1
Reanálise (%)	0	0	0	0	0	0	14,8	0	0	0	0	0
Limite (%)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Limite (%)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20



### ANEXO III.

#### Gráficos e tabelas de consumo do Cee Bee J88

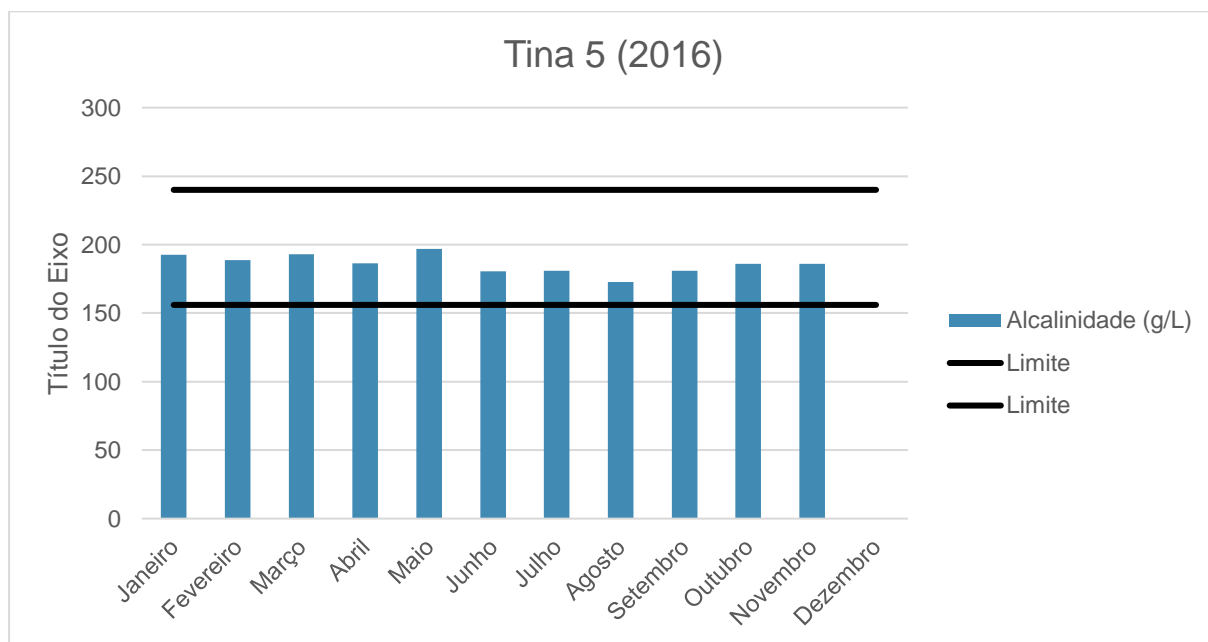


Figura 10.1 - Concentração de Cee Bee J88 ao longo de 2016

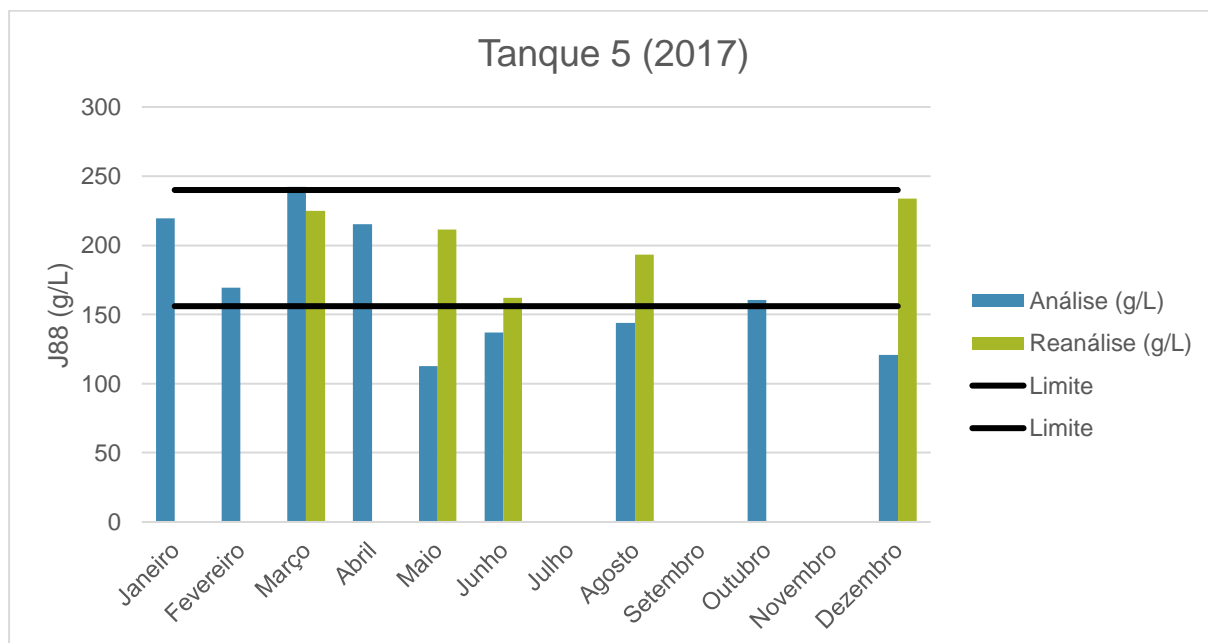


Figura 10.2 - Concentração de Cee Bee J88 ao longo de 2017

*Tabela 10.11 - Consumo de Cee Bee J88 em Litros 2017*

	2017	média
Janeiro	0	35,36
Fevereiro	44	35,36
Março	200	35,36
Abril	0	35,36
Maio	200	35,36
Junho	35	35,36
Julho	0	35,36
Agosto	20	35,36
Setembro	0	35,36
Outubro	50	35,36
Novembro	0	35,36
Dezembro	40	35,36

## ANEXO IV.

### Gráficos e tabelas de consumo do Turco 4181L

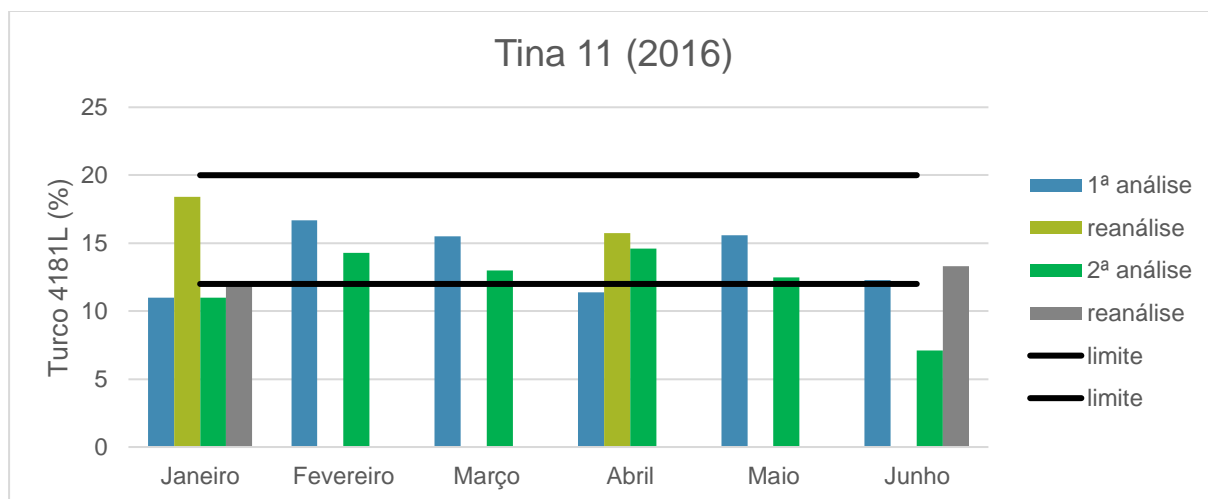


Figura 10.3 - Percentagem de alcalinidade de Turco 4181L ao longo de Janeiro a Junho 2016

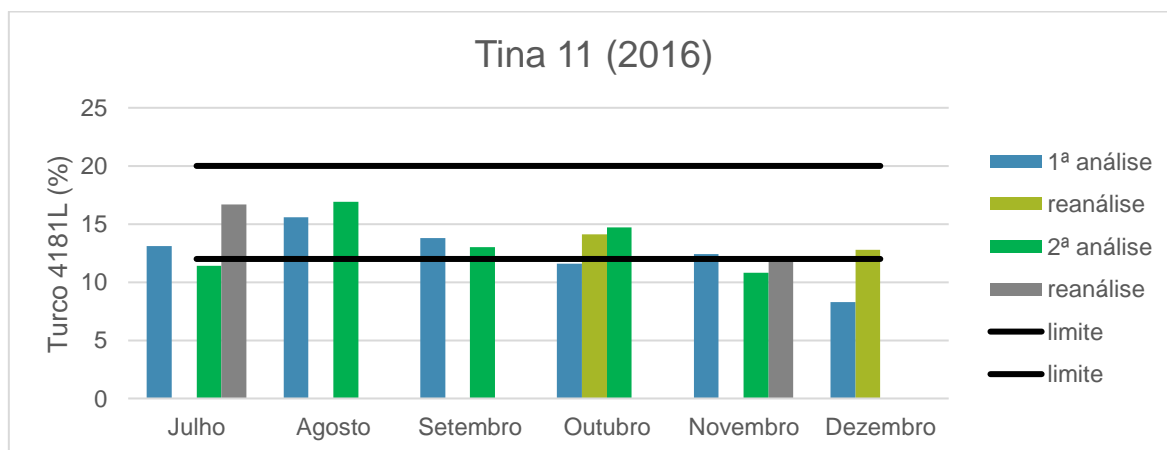
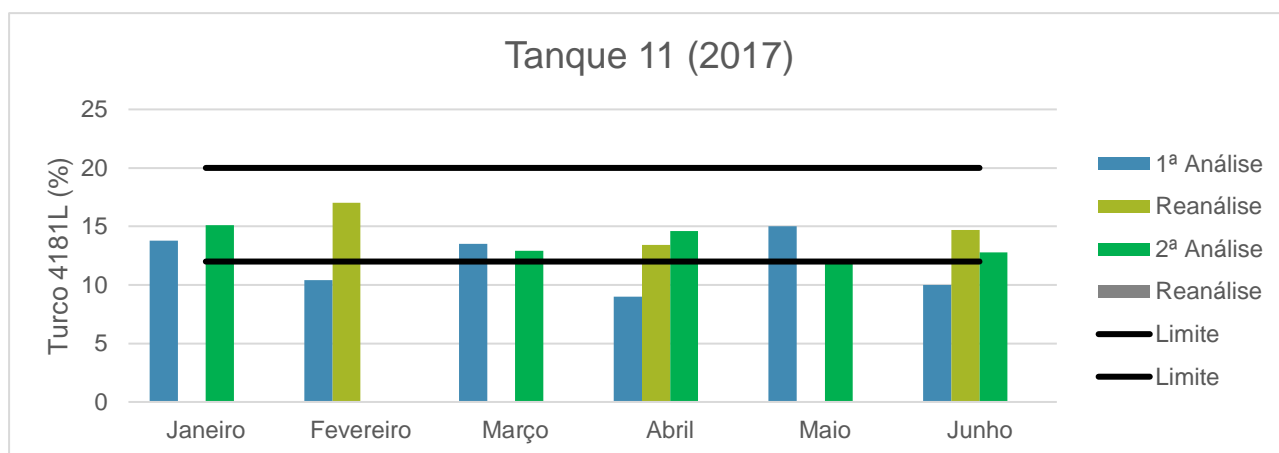
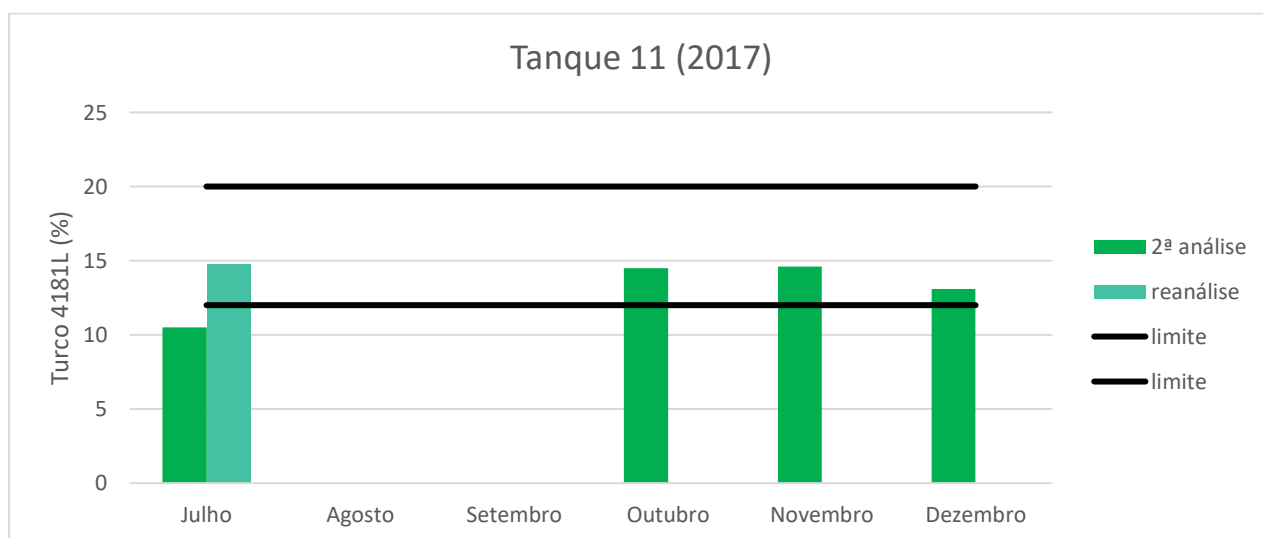


Figura 10.4 - Percentagem de alcalinidade de Turco 4181L ao longo de Julho a dezembro 2016



*Figura 10.5 - Percentagem de alcalinidade de Turco 4181L ao longo de Janeiro a Junho 2017*



*Figura 10.6 - Percentagem de alcalinidade de Turco 4181L ao longo de Julho a Dezembro 2017*

*Tabela 10.12 - Consumo de Turco 4181 em Litros 2016*

	<b>2016</b>	<b>média</b>
<b>Janeiro</b>	<b>200</b>	66,67
<b>Fevereiro</b>	0	66,67
<b>Março</b>	0	66,67
<b>Abril</b>	<b>100</b>	66,67
<b>Maio</b>	0	66,67
<b>Junho</b>	<b>100</b>	66,67
<b>Julho</b>	100	66,67
<b>Agosto</b>	0	66,67
<b>Setembro</b>	0	66,67
<b>Outubro</b>	100	66,67
<b>Novembro</b>	100	66,67
<b>Dezembro</b>	<b>100</b>	66,67

*Tabela 10.13 - Consumo de Turco 4181 em Litros 2017*

	<b>2017</b>	<b>média</b>
<b>Janeiro</b>	0	63,64
<b>Fevereiro</b>	100	63,64
<b>Março</b>	0	63,64
<b>Abril</b>	100	63,64
<b>Maio</b>	0	63,64
<b>Junho</b>	100	63,64
<b>Julho</b>	<b>200</b>	63,64
<b>Agosto</b>	100	63,64
<b>Setembro</b>	100	63,64
<b>Outubro</b>	0	63,64
<b>Novembro</b>	100	63,64
<b>Dezembro</b>	0	63,64